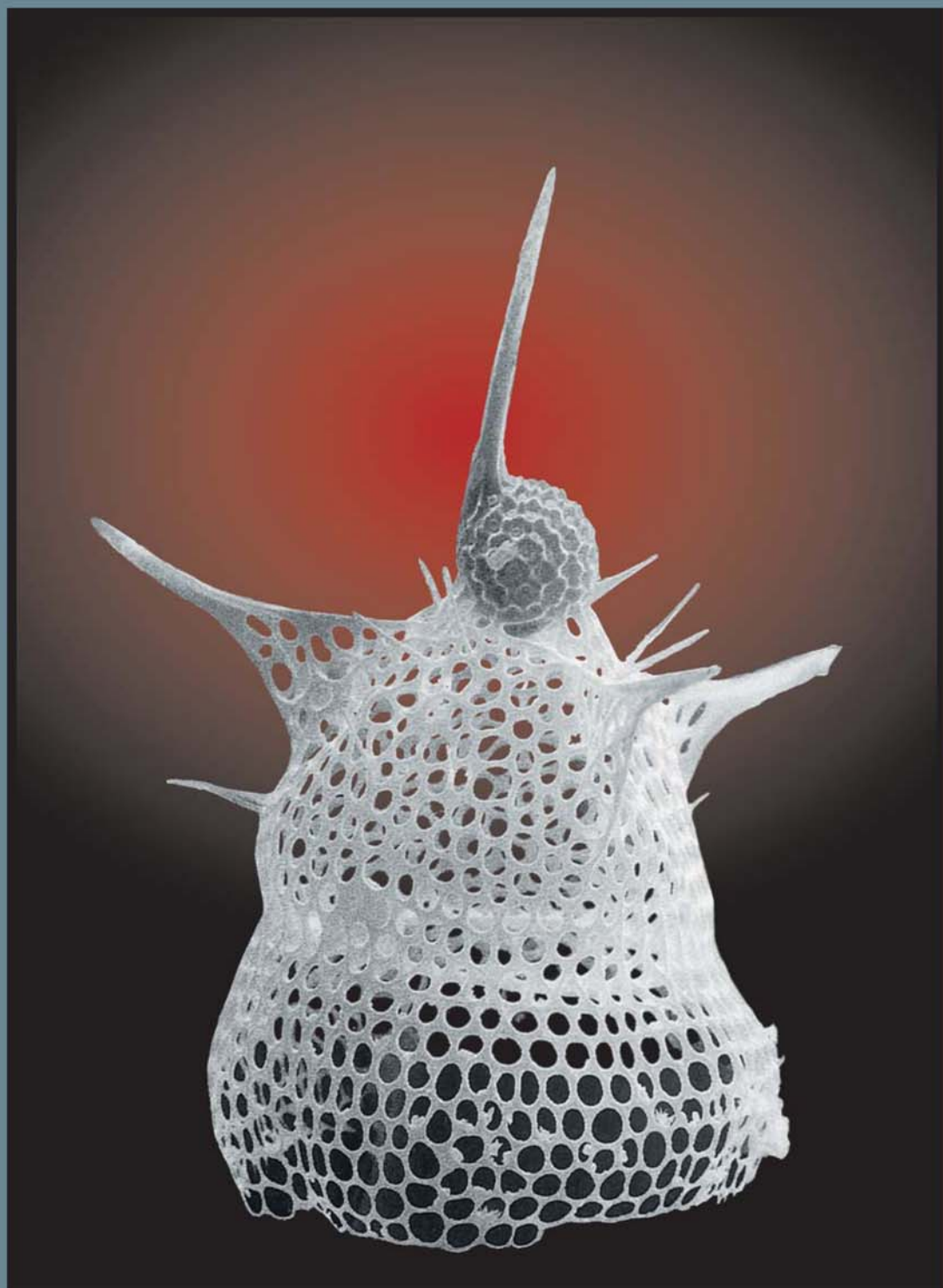


ПРИРОДА

8 04



В НОМЕРЕ:**3 Бурзин М.Б.****Уроки из древности**

Говорят, что новое — это хорошо забытое старое. Так и некоторые проблемы нашей страны. Похоже, они не уникальны, с подобным уже не раз сталкивалась древнейшая жизнь.

8 Сидоренков Н.С.**Природа нестабильностей вращения Земли**

Земля вращается вокруг своей оси неравномерно: меняется скорость вращения, перемещаются географические полюса, происходят нутации оси. Разобравшись в причинах этого явления и проанализировав накопленные данные, можно предсказывать ряд гидрометеорологических характеристик.

19 Войтеховский Ю.Л.**О кристаллах, полиэдрах, радиоляриях, вольвоксах, фуллеренах и немного — о природе вещей**

Методами комбинаторной теории многогранников среди различных геологических и биологических объектов — кристаллов, радиолярий, вольвоксовых водорослей и фуллеренов — установлены одинаковые полиэдрические формы.

25 Никонов А.А.**Сейсмические мотивы в «Калевале» и реальные землетрясения в Карелии**

Постепенно обнаруживаются подтверждения сотрясений земли, запечатленных в рунах знаменитого карело-финского эпоса.

32 Паевский В.А.**Трудная жизнь пернатых многоженцев (Окончание)****Вести из экспедиций****41 Рототаева О.В., Носенко Г.А.****Цирк ледника Колка: год спустя после катастрофы****Научные сообщения****47 Орлов А.М., Ульченко В.А.****Отчего гибнут «бесчешуйные ящеры»?****50 Биография современника****Ожидая новых результатов**

Беседа с академиком В.А.Струнниковым

60 Калейдоскоп

Планы корректируются (60). Требуются новые глубоководные аппараты (60). Индия займется изучением Луны (74). В поисках истоков Нила (74). Судьба большой белой акулы (74). Варкская маска спасена (74).

61 ОДИН ИЗ ТРОИЦЫ, ПРОЗВАННОЙ «ДЖАЗ-БАНД»

К 100-летию Дмитрия Дмитриевича Иваненко

Герштейн С.С.

На заре ядерной физики (62)

Д.Д.Иваненко — вне науки и политики (69)

По рассказам Р.А.Куликовой-Иваненко

Достойные... но неудостоенные**75 Корочкин Л.И., Фридман С.А.****Пионер молекулярной биологии****79 Новости науки**

К Марсу полетит «Феникс» (79). Славный конец «Galileo» (79). Студенты создают малые спутники (79). Новый радиотелескоп на Гавайях (80). Метеорологи выручают астрономов (80). Фуллерены в метеоритных телах (81). В нанотрубках имоголита хранят природный газ (82). Молекулярные запоминающие устройства (82). Вирус меняет поведение оси (83). Новое семейство водных жуков. **Петров П.Н.** (83). Борьба с разливами нефти (84). Основан институт по изучению Тибета (84). Очередной шаг к исследованию древнего льда Антарктиды. **Талай П.Г.** (84). Воды Роны текут до Барселоны (85). Причины засухи в Северной Африке (85). Новая Гвинея: еще одна родина сельского хозяйства (86). Сражение вокруг ольмекских иероглифов (86). **Коротко (49)**

Рецензии**87 Сурдин В.Г.****Знаки Вселенной****90 Новые книги****92 Пантеева Н.М., Макаров Н.П.****«Натуралистом я был рожден»**

CONTENTS:

- 3 Burzin M.B.**
Lessons from Antiquity
They say that the new is the long-forgotten old. This adage applies to some of the problems of our country. It seems that they are not unique, but are quite similar to what was experienced in ancient history more than once.

- 8 Sidorenkov N.S.**
The Nature of Instabilities in the Earth's Rotation
The Earth rotates around its axis unevenly, with its rotation rate varying with time, its geographical poles wandering, and its axis experiencing nutations. Once the causes of this phenomenon are understood and the available data analyzed, one can predict a number of hydrometeorological characteristics.

- 19 Voitekhovskiy Yu.L.**
About Crystals, Polyhedra, Radiolarians, Volvoxes, Fullerenes and a Little about the Nature of Things
On the basis of the combinatorial theory of polyhedra, identical polyhedral shapes have been discerned in different geological and biological objects, such as crystals, radiolarians, volvoxes algae and fullerenes.

- 25 Nikonov A.A.**
Seismic Motives in the Kalevala and Actual Earthquakes in Karelia
The Earth tremors recorded in the runes of the famous Karelian–Finnish verse epic are now gradually receiving confirmation.

- 32 Paevskiy V.A.**
The Hard Life of Feathered Polygamists
 (Concluded)

News from Expeditions

- 41 Rototaeva O.V. and Nosenko G.A.**
The Cirque of the Kolka Glacier: One Year after the Catastrophe

Scientific Communications

- 47 Orlov A.M. and Ulchenko V.A.**
Why «Scaleless Pangolins» Die

- 50 Biography of Our Contemporary**
«I Am Expecting New Results»
 An Interview with Academician
V.A. Strunnikov

- 60 Kaleidoscope**
 Plans Are Being Corrected (60). New Deep Submersibles Are Required (60). India Will Study the Moon (74). In Search of the Source of the Nile (74). The Fate of the Great White Shark (74). The Varka Mask Salvaged (74).

- 61 ONE OF A THREESOME NICKNAMED «JAZZ BAND»**
 On the Centennial of the Birth of Dmitry Dmitrievich Ivanenko
Gershtein S.S.
In the Early Days of Nuclear Physics (62)

- D.D. Ivanenko:**
Outside Science and Politics (69)
 Based on R.A. Kulikova-Ivanenko's Accounts

- Honorable... but Unhonored**
75 Korochkin L.I. and Fridman S.A.
Pioneer in Molecular Biology

- 79 Science News**
 Phoenix Will Fly to Mars (79). The Glorious End of Galileo (79). Students Creating Small Satellites (79). A New Radio Telescope on Hawaii (80). Meteorologists Aiding Astronomers (80). Fullerenes in Meteorites (81). Imogolite Nanotubes Are Used to Store Natural Gas (82). Molecular Storage Devices (82). A Virus Changes the Wasp's Behaviour (83). A New family of Water Bugs. **Petrov P.N.** (83). Controlling Oil Spills (84). Institute for the Study of Tibet Founded (84) A New Step to Studying the Ancient Ice of Antarctica. **Talalai P.G.** (84). Waters of the Rhone Flow to Barcelona (85). The Causes of Drought in North Africa (85). New Guinea: Yet Another Birthplace of Agriculture (86). A Controversy over the Olmec Hieroglyphs (86).
 In Brief (49)

Book Reviews

- 87 Surdin V.G.**
Signs of the Universe

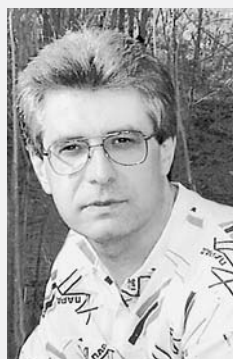
- 90 New Books**

- Encounters with the Forgotten**
92 Panteeva N.M. and Makarov N.P.
«I Was Born a Naturalist»

Уроки из древности

М.Б.Бурзин

Зачем учить математику и другие школьные дисциплины — вроде понятно, спорят лишь о пропорциях, традициях, пристрастиях. Но надо ли образованным людям знакомиться с достижениями такой малодоступной и малопривлекательной науки, как палеонтология? Есть ли польза для развития мировоззрения от науки в значительной степени реконструктивной? Ведь существует огромный разрыв между объектами, которые имеет в руках исследователь (заведомо неполными и фрагментарными, к тому же существенно видоизмененными останками небольшой части вымерших организмов) и предметом исследования палеонтологии (закономерностями исторического развития органического мира Земли). Все достижения этой науки основаны на аналогиях с некоторыми хорошо изученными современными организмами и ситуациями. И внешний облик вымерших организмов, и условия их существования, и роль в древних экосистемах, и филогенетическое развитие, и даже описание объекта существенно реконструктивны, так как описывается не окаменелость (к примеру, извивы камня, линии или бугры на нем), а признаки вымершего



Михаил Борисович Бурзин, научный сотрудник лаборатории докембрийских организмов Палеонтологического института РАН. Занимается микропалеонтологией и палеобиологией докембрия. Постоянный автор «Природы».

таксона (форма оборотов раковины или характер жилкования крыла). Элементы сказочности и упрощенно-фантастические мифы (точнее, побасенки) благодаря популярной литературе и прессе давно и прочно овладели массовым сознанием. Однако от этого палеонтология не стала более привлекательной ни для математически развитых умов (сплошные аналогии и домыслы, ничего точно не проверишь, натурфилософия какая-то!), ни для гуманитариев (слишком много приземленного). Наша наука мало кому из неспециалистов интересна.

А между тем в истории развития жизни на Земле найдется немало эпизодов, в которых просматриваются аналогии

с событиями современности, например, в нашей стране. Прекрасно понимая условность любых аналогий, все-таки берусь привлечь к ним внимание, так как некоторые наши проблемы, похоже, вовсе не уникальны — с ними жизнь уже не раз сталкивалась и удачно их решала. Попробуем поучиться на чужих ошибках и займем немного чужого опыта.

Изоляция страшнее контакта

С середины 80-х годов XX в. социалистическая система, страны которой занимали почти четвертую часть суши, а население составляло около трети

© Бурзин М.Б., 2004

человечества, начала утрачивать внутренние скрепы и открываться внешнему миру. Идеологическая изоляция и военное противостояние в предшествующие годы отрезали почти все связи с мировой экономикой и вызвали необходимость полного самообеспечения стран социалистического лагеря. В СССР это привело к развитию почти независимой от капиталистического мира высокодифференцированной науки и затратной, малоэффективной экономики. Открывшись миру, мы столкнулись с тем, что иностранным коллегам подавляющее большинство наших научных достижений оказалось вроде бы просто не нужно. С нами — как с коллегами — сегодня не хотят считаться, нас готовы задешево использовать только для разработки проектов или в качестве поставщиков научного полуфабриката, который, часто после лишь символической обработки, выпускается уже в их оборотке. В экономике нашей страны ситуация прошла через катастрофу, так как советская промышленная продукция оказалась совершенно не конкурентоспособной. Немногие изделия, которые могли бы пробиться на международные рынки, не достигали их, причем не из-за каких-либо диверсий или бойкотов, а от нашей собственной глупости или неопытности. Поражает, что нашествие многомилионной немецкой армии и оккупация огромной и важнейшей части территории СССР никак не сказались на государственной системе. Но ее мощный идеологический режим в 80-х годах потерял опору у активной части населения, так или иначе познакомившейся с западным образом жизни. Важно отметить, что количество иностранцев, посетивших СССР за пять лет перестройки, совершенно несопоставимо с численностью оккупационных войск за годы Великой Отечественной войны. Нас никто не завоевывал и не насилывал, мы все сделали

сами! Кажется, такого еще никогда на свете не бывало. Но так ли это? Не было ли чего похожего в истории млекопитающих? Познакомимся с явлениями «Великолепной изоляции» и «Великого американского обмена» по трудам некоторых палеонтологов [1–5].

В кайнозойе сообщество наземных позвоночных развивалось независимо на трех разобщенных территориях, фаунистические контакты между которыми практически отсутствовали. Австралия (с ее сумчатыми и однопроходными) изолирована и поныне, а Южная Америка с раннего мела сохраняла обособленность от остальной суши вплоть до плиоцена, когда возник Панамский перешеек. Именно поэтому современный мир разделен на три зоогеографические области: Нотогею (Австралия), Неогею (Южная Америка) и Арктогею (Евразия, Африка и Северная Америка). Что представляли собой комплексы крупных млекопитающих Неогеи и Арктогеи и какова была судьба этих территорий?

В Южной Америке (в условиях, к которым Дж.Симпсон применил британский дипломатический термин «Великолепная изоляция») в олигоцене и особенно в миоцене возник, независимо от Арктогеи, своеобразный комплекс пастбищных травоядных. Он включал неполнозубых (гигантских броненосцев и наземных ленивцев), кавиоморфных грызунов (родственников морских свинок, нередко размером с носорога) и «южноамериканских копытных» (ведущих происхождение от кондилартр, вымерших эндемичных животных шести отрядов: различных литоптерн, конвергентно сходных с лошадьми и верблюдами; пиротериев, напоминавших слонов; нотонгулят, среди которых были формы, подобные носорогам, бегемотам и кроликам). Хищников, по мнению Н.Н.Каландадзе и А.С.Раутиана [4], всегда было немного

в древней южноамериканской фауне. Ни один из отрядов плацентарных по неясным причинам не дал плотоядных форм, роль хищников выполняли сумчатые млекопитающие (собакоподобные боргиериды, саблезубый тилакосмилус), сухопутные крокодилы себекозухии и нелетающие птицы фороракосы, принадлежащие к журавлеобразным.

В Арктогее сообщества пастбищных травоядных формировались на единой таксономической основе, но в значительной степени, как полагают, независимо в Евразии и Северной Америке. В Африке, судя по всему, до миоцена травяных биомов не существовало. Первоначально комплексы составляли непарнокопытные (тапиры, разнообразные носороги и халикотерии) и нежвачные парнокопытные (свинообразные и мозолоногие), позже добавились примитивные лошади и жвачные парнокопытные (олени). Любопытно, что большинство этих групп произошло в Северной Америке, а в Евразию они попали через Берингию — осушившиеся шельфы вокруг Берингова пролива. Хищники в Арктогее были только плацентарными, сумчатые же — мелкие насекомоядные — существовали здесь очень недолго. Первыми плотоядными стали своеобразные всеядные копытные мезонихиды, к которым принадлежал крупнейший наземный хищник эндрюсарх из палеоцена Монголии. До олигоцена недостаток хищных млекопитающих восполнялся сухопутными крокодилами (баурузухиями) и гигантскими нелетающими журавлеобразными птицами диатридами. Позже появились специализированные плотоядные креодонты, а позднее — настоящие современные хищники (отряд Carnivora). В результате к концу олигоцена исчезли все, кто хищничал до них.

В миоцене травяной биом стал единым по всей Арктогее, каждая из ее территорий внесла свой вклад в становление фау-

ны: из Северной Америки пришли травоядные (а не листоядные) лошади, из Азии — полорогие (быки и антилопы), из Африки — хоботные, которые вместе с жирафами, бегемотами и носорогами сформировали гиппарионовую фауну. Хищные кошачьи прибыли из Северной Америки, псовые — тоже (полагают, что в стайных они превратились уже в Азии), гиеновые — из Африки.

В начале плиоцена, когда Панамский перешеек соединил Северную Америку с Южной, их фауны перемешались: в Северную Америку проникли сумчатые, непользуемые, кавиоморфные грызуны и фороракосы, в Южную — высшие грызуны, непарнокопытные (лошади и тапиры), парнокопытные (свинообразные, мозолоногие и олени), хоботные (мастодонты) и настоящие хищники (еноты, куньи, медведи, кошки). Окончательные результаты «Великого американского обмена», как назвал эти события Симпсон, оказались для американских материков принципиально разными. Северный обогатился лишь тремя иммигрантами — опоссумом, девятипоясным броненосцем и древесным дикобразом. Для Южного материка смешение обернулось настоящей катастрофой: не выдержав конкуренции с высшими копытными и настоящими хищниками, вымерли животные всего пастбищного комплекса «южноамериканских копытных», гигантские кавиоморфные грызуны, хищные сумчатые и фороракосы.

Весьма любопытны, с точки зрения аналогий с нашей современностью, причины, которые позволили опоссуму вселиться в Северную Америку. Их хорошо объясняет модель сопряженной эволюции сообществ (т.е. филогенеза), разработанная Каландадзе и Раутианом [3]. По их модели, когда сообщество только начинает складываться, в нем преобладают слабо специализированные формы, т.е. способные

жить в разных условиях, эврибионты. Интенсивная конкуренция за жизненные условия по мере развития сообщества приводит к специализации его членов; таксономическое разнообразие растёт, число эврибионтов резко сокращается, адаптивные зоны (зоны освоения биотической среды) сужаются. Виды с отличающимися жизненными потребностями перестают соперничать за ресурсы, и активная конкуренция прекращается. Конкурентные отношения переносятся внутрь зон, откуда менее специализированные таксоны вытесняются наиболее приспособленными. Но эти специалисты не могут обеспечить столь же высокую конкуренцию по всему спектру ресурсов экологической ниши как формы-изгнанники. В итоге возникают зоны ослабленной конкуренции, названные Каландадзе и Раутианом «экологическими лагунами». Емкость такой лагуны невелика, существовать только в ней никакой таксон не может. Другое дело — эврибионт вроде опоссума. Он может одновременно эксплуатировать ресурсы нескольких разных лакун, пониженное конкурентное давление в них позволяет ему проникнуть в прежде замкнутое для чужаков эволюционно развитое сообщество. Таким образом, оно приоткрывается только для эврибионтного иммигранта, там нет места приходящим извне специализированным формам.

* * *

Не просматривается ли сходство во взаимоотношениях фауны двух частей Америки с новейшей историей нашей страны? Покинувшие ее ученые (и не только) не напоминают ли в гуманитарном отношении эврибионтного иммигранта опоссума, а катастрофические результаты изоляции Южной Америки — итог развития СССР вне мирового сообщества? Изоляция — необходимое условие роста разнообразия, но если она длительна, уровень конку-

рентоспособности всегда снижается (из-за ограниченного числа конкурентов), а в последующем приводит к разрушению сложившейся системы. Сам контакт в этом не виноват. Он обязателен и неизбежен, но чем дольше оттягивается, тем последствия могут оказаться катастрофичней. Именно это и произошло в нашей стране.

Изобилие

Советская наука имела много родимых пятен. Но, как полагает большинство, главная ее вина перед обществом в том, что она не смогла создать изобилия, которое бросается в глаза при первом же знакомстве со странами Западной Европы и Северной Америки. На самом деле виноваты не ученые, поскольку их наработки оказались не востребованными экономикой собственной страны. А так ли естественно и обязательно создание изобилия в процессе развития науки и общества? Ведь это означает постоянное появление в избыточном количестве новых, еще не известных товаров и услуг, готовность населения использовать их и перестать производить прежние товары, под которые отлажено производство и приспособлен рынок. Надо выбрасывать старое оборудование, тратиться на приобретение нового, переучивать работников. Гарантий же улучшения жизни при этом нет никаких. При создании изобилия усиленно потребляются невосполнимые ресурсы, загрязняется окружающая среда.

Потрясения, которые претерпевает любая система в результате появления в ней нового, рассмотрены в некоторых разделах теории развития, заново осмысленных Раутианом [6]. В любой развивающейся системе возникают новации и существует преемственность в ряду следующих друг за другом состояний. Ансамбль устойчивых связей, отношений в системе

обеспечивает ее целостность и сохранение основных свойств при определенных внешних и внутренних изменениях и, как известно, составляет ее структуру. В каждом новом состоянии развивающейся системы сохраняются структура предшествующего, но изменения его обновляют и снижают устойчивость. Чем больше получено новизны (однократно или кратковременно), тем выше вероятность необратимого понижения устойчивости, нарушения преемственности, потери определенных свойств системы и ее гибели, а значит, и прекращения данной линии развития. Структура «боится» новизны: большие порции система может воспринимать, как говорил М.В.Волькенштейн, «в рассрочку, а не оптом». Иначе дестабилизация (т.е. частичное разрушение структуры) окажется столь сильной, что предшествующий уровень сложности системы не сможет восстановиться. Поэтому, например, начальные стадии видообразования и вымирания неотличимы, различаются же эти процессы по своим конечным фазам. Чем сложнее система, тем меньшие порции новизны она способна одновременно усваивать, так как дестабилизированную сложную структуру всегда труднее восстанавливать и перестраивать, чем примитивную.

Изобилие не может считаться естественным в развитии науки и общества, так как способно разрушить общество. Но изобилие в западном мире все-таки создано. Поэтому логично попытаться понять, почему там возникло это, в известном смысле, противоестественное чудо. Нет ли палеонтологических аналогий столь уникального явления в истории человечества? Обратимся к событиям, которые предшествовали так называемому кембрийскому эволюционному взрыву и породили филогенетическое изобилие.

Предполагают, что большинство сообществ прокариот крайне консервативно, и, веро-

ятно, за время своего сверхдлительного существования мало изменилось. Если так, то доминировавшие в докембрии микробные экосистемы были хорошо сбалансированы, устойчивы и состояли, как и их современные аналоги, из весьма ограниченного набора стабильных блоков. В каждый из них входили физиологически и биохимически сопряженные между собой, но генетически не родственные микроорганизмы. Они отвечали за комплексное использование конкретных веществ, включая необходимые метаболиты, вплоть до тех, что удалялись из блока. Взаимоотношения микроорганизмов внутри блоков и блоков внутри таких экосистем всегда носят характер не конкуренции, а кооперации: если какой-то продукт жизнедеятельности оказывается избыточным, функционирование производящих его микроорганизмов (или даже всего блока) замедляется или вовсе прекращается, а перерабатывающих этот продукт — усиливается [7]. В результате в микробной экосистеме один и тот же вид (или виды) процветает и интенсивно размножается, то, когда продукт его жизнедеятельности становится не нужен, почти полностью вымирает.

В некотором смысле работа микробного сообщества аналогична советскому плановому хозяйству, в котором была не конкуренция, а кооперация предприятий отрасли и региона. Опытные руководители знали, что слишком эффективно работать невыгодно, так как «сверху» тут же будут увеличены нагрузка, нормы выработки или снижены расценки. Отстающие же предприятия, чья продукция оказалась в дефиците, получают дополнительные льготы, лимиты, а после выхода из прорыва на руководителей проливается дождь наград, премий и т.д. В мире прокариот, по образному выражению Г.А.Заварзина, существует не рынок, а анти-рынок [8].

Появившиеся в позднем докембрии первые эвкариоты, судя по данным ископаемой летописи, не повлияли на организацию доминирующих экосистем. Даже возникновение полового процесса у протист (событие, произошедшее далеко не в самом конце докембрия) и появление многоклеточных организмов все-таки не изменили мир, в существенных чертах он так и остался до конца докембрия прокариотическим, т.е., условно говоря, «не рыночным», а «плановым».

Изобилие стало проявляться в биосфере лишь на рубеже венда и кембрия (в немакит-далдынское и томмотское времена). Выразилось оно, в первую очередь, в возникновении беспозвоночных животных с внутренним или внешним минеральным скелетом. Лишь после этого животные обрели способность формировать эффективные структуры для сбора и (или) измельчения пищи, активнее передвигаться либо создавать внутреннюю ячеистую конструкцию тела, чтобы перемещать воду, как это делают бентосные фильтраторы. На фоне эволюционного совершенствования общих планов строения и отдельных элементов конструкций видна явная и трудно объяснимая избыточность форм. Кажется, нет такого таксона, для которого можно было бы внятно указать, чем он лучше другого, почему, скажем, одни виды вымерли, а прочие продолжали существовать. Просто всякий вымерший вид, по определению, считается несовершенным.

С начала томмотского века таксономическое разнообразие организмов нарастает с небывалой быстротой. Набор же совместно встречающихся форм начинается последовательно и необратимо меняться во времени (на чем и основана возможность биостратиграфического расчленения последовательностей осадочных отложений). В конце венда — начале кембрия

биоразнообразии возрастает на планете, ни размеры которой, ни площади океанов или морских мелководий не увеличились, глобальные условия среды существенно не изменились. Следовательно, разнообразие жизненных форм нарастало благодаря тому, что живые существа сами смогли увеличить экологическую емкость пространства и создать многоярусные пищевые пирамиды. Судя по ископаемой летописи, в начале кембрия организмы не овладели какими-то принципиально новыми биотопами (лишь грунтоеды начали интенсивно осваивать слои осадков, но их вклад в биоразнообразие не был существенным). Итак, ускоренные темпы эволюции сочетались со способностью организмов увеличивать экологическую емкость пространства. Это означает, что в эволюции жизни кризисы и вымирания, смена доминант и конкуренция стали закономерными для экосистем, в которых преобладали многоклеточные организмы. Мир прокариотических сообществ, в котором господствовали необходимость и достаточность, надстроился новым миром. В нем

стала правилом избыточность всего — форм тела, способов питания и движения, организменной и надорганизменной структуры и т. д., но разнообразие биохимических и физиологических процессов осталось сравнительно невысоким. Похоже, благодаря избыточности жизнь смогла обернуть себе на пользу многое из того, что ранее ей было вредно. Вероятно, это и позволяет биосфере Земли сохранять, несмотря на все природные катаклизмы, не просто устойчивость на протяжении почти четырех миллиардов лет, но и прогрессивно усложняться последние 540 млн лет.

* * *

Так что же все-таки произошло в конце докембрия — начале кембрия? По каким причинам столь долго и стабильно существовавшая и неспешно развивавшаяся докембрийская биосфера, основу которой составляли прокариоты, вдруг (в геологическом масштабе времени) начала быстро и направленно усложняться, наращивать многообразие и биомассу? Как ни парадоксально, но переход от докембрийской прокариотичес-

кой биосферы к фанерозойской эвкариотической был воистину переходом из мира необходимости и жестких сбалансированных связей между организмами в мир свободы и избыточности. В фанерозойской биосфере прокариоты вовсе не потеряли своего значения, они просто стали ее необходимой составной частью. Биосфера обошлась без трилобитов, аммонитов и динозавров, а вот, например, без кишечной палочки ни одно наземное млекопитающее существовать не может. Выходит, переживаемое нами сейчас превращение индустриального общества в постиндустриальное — не что иное, как переход из мира необходимости в мир свободы (вполне по К.Марксу). В природе подобное произошло 540 млн лет назад и послужило причиной начала не только роста многообразия жизненных форм, но и системных биосферных кризисов.

Так что знакомство с закономерностями сложной и длительной истории жизни на нашей планете несомненно полезно для человека. Будем же учить палеонтологию, чтобы усвоить уроки из далекого прошлого. ■

Литература

1. Симпсон Дж. Великолепная изоляция. История млекопитающих Южной Америки. М., 1983.
2. Каландадзе Н.Н., Раутиан А.С. Система млекопитающих и историческая зоогеография // Филогенетика млекопитающих. М., 1992. С.44—152.
3. Каландадзе Н.Н., Раутиан А.С. Юрский экологический кризис сообщества наземных тетрапод и эвристическая модель сопряженной эволюции сообщества и биоты // Проблемы доантропогенной эволюции биосферы. М., 1993. С.60—95.
4. Каландадзе Н.Н., Раутиан А.С. Дефицит крупных хищников и эффект опережающей специализации фауны в палеогеновых и реликтовых фаунах млекопитающих // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып.2. М., 1995. С.84—87.
5. Жерихин В.В. Генезис травяных биомов // Экосистемные перестройки и эволюция биосферы. Вып.1. М., 1994. С.132—137.
6. Раутиан А.С. Палеонтология как источник сведений о закономерностях и факторах эволюции // Современная палеонтология. Методы, направления, проблемы, практическое приложение: Справочное пособие. Т.2. М., 1988. С.76—118.
7. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию. М., 2001.
8. Заварзин Г.А. Анти-Рынок в природе // Природа. 1995. №3. С.46—60.

Природа неустойчивостей вращения Земли

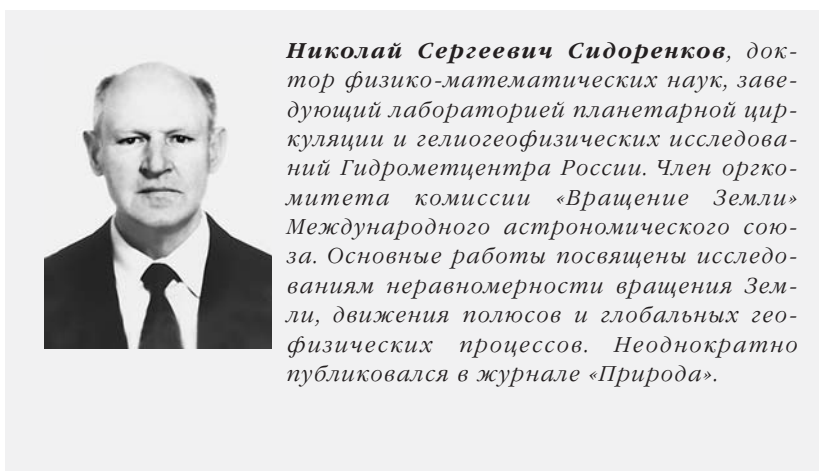
Н.С.Сидоренков

Вращение Земли вокруг своей оси испокон веков используется человеком для измерения времени; в астрономии и геодезии это незаменимая основа для введения различных систем координат. Однако вращение Земли недостаточно стабильно: меняется его скорость, движутся географические полюса, происходят нутации (колебания) земной оси. Причинами таких неустойчивостей служат как гравитационные воздействия окружающих небесных тел, так и процессы, протекающие на Земле. Будучи отражением этих процессов, неустойчивости вращения нашей планеты несут ценную информацию об особенностях строения и физических свойствах земных недр.

Таким образом, изучение неравномерности вращения Земли, движения полюсов и нутаций земной оси имеет большое практическое и научное значение. Оно позволяет исправлять искаженные координаты небесных и земных объектов, способствует расширению и углублению наших знаний в различных областях наук о Земле.

Астрономические наблюдения

В 123 г. до н.э. Гиппарх открыл явление прецессии — предварение равноденствий.



Николай Сергеевич Сидоренков, доктор физико-математических наук, заведующий лабораторией планетарной циркуляции и гелиогеофизических исследований Гидрометцентра России. Член оргкомитета комиссии «Вращение Земли» Международного астрономического союза. Основные работы посвящены исследованиям неравномерности вращения Земли, движения полюсов и глобальных геофизических процессов. Неоднократно публиковался в журнале «Природа».

В 1755 г. Дж.Брадлей обнаружил другое явление — нутации оси вращения Земли. Сомнения в постоянстве скорости суточного вращения Земли возникли после открытия Э.Галлеем в 1695 г. векового ускорения движения Луны, а мысль о вековом замедлении вращения Земли под действием приливного трения впервые была высказана И.Кантом в 1755 г. Во второй половине XIX в. получены свидетельства нерегулярных флуктуаций скорости вращения Земли и движения географических полюсов. С тех пор за этими процессами ведутся постоянные наблюдения.

Об изменении скорости вращения Земли наиболее просто судить по отклонению δP длительности земных суток от эталонных (которые принимаются равными 86 400 с). Чем быстрее

движется Земля, тем короче земные сутки.

Земля, вращающаяся вокруг своей оси, это своего рода часы, а звезды и светила на небесной сфере — деления циферблата. Вместе с Землей вращаются и телескопы; направив их на то или иное светило (координаты которого содержатся в астрономических каталогах), можно отсчитать по нему земное время.

Наряду с часами «Земля» астрономы использовали сначала механические, потом кварцевые, а в последние десятилетия — атомные часы. Точность атомных часов столь высока (сейчас относительная ошибка около 10^{-14}), что с их помощью проверяется ход часов «Земля». Такая проверка, ведущаяся в Международном бюро времени с 1955 г., показывает, что они идут не лучшим образом — ино-

гда спешат, а иногда отстают. Плохой ход часов «Земля» вызван непостоянством скорости вращения планеты.

До создания атомных часов ход часов «Земля» контролировался лишь сравнением координат Луны, Солнца и планет, установленных путем наблюдения и вычисления (в соответствии с небесно-механическими теориями). Так удалось получить представление о характере изменений скорости вращения Земли в течение последних трех столетий — с конца XVII в., когда астрономы стали вести первые инструментальные наблюдения за движением Луны, Солнца и планет (рис.1). Выяснилось, что с начала XVIII до середины XIX в. скорость вращения Земли менялась мало, а со второй половины XIX в. и по настоящее время отмечаются значительные нерегулярные флуктуации угловой скорости вращения Земли с периодом порядка 60–70 лет. Наиболее быстро Земля вращалась около 1870 г. (тогда длительность земных суток была на

0.003 с короче эталонных), наиболее медленно — около 1903 г. (земные сутки были длиннее эталонных на 0.004 с). С 1903 по 1934 г. вращение Земли ускорялось, с конца 30-х годов до 1972 г. — замедлялось, а начиная с 1973 г. Земля снова ускоряет свое движение вокруг оси. Колебание угловой скорости вращения Земли, наблюдавшееся в XX в. с 1903 по 1972 г., часто считают 60–70-летним; в XIX в. колебание примерно того же периода относится к 1845–1903 гг.; в более раннюю эпоху 60–70-летние колебания не прослеживаются. К сожалению, данные XVII–XVIII вв. имеют низкое разрешение, так как тогда интервалы времени между эпизодическими наблюдениями достигали иногда 29 лет.

Точность определения неравномерности вращения Земли радикально улучшилась с 1955 г. — как только стали пользоваться атомными часами. С этого момента появилась возможность регистрировать все колебания скорости вращения

Земли с периодами более одного месяца. Ход среднемесячных величин скорости вращения Земли за период 1955–2003 гг. иллюстрирует рис.2. Ускорение вращения в 1958–1961 гг. и замедление в 1989–1994 гг. представляют собой кратковременные флуктуации. На фоне многолетних изменений хорошо видны сезонные колебания: наименьшая скорость вращения Земли — в апреле и ноябре, наибольшая — в январе и июле. Январский максимум значительно меньше июльского. Разность между минимальным отклонением длительности земных суток от эталонных в июле и максимальным в апреле или ноябре составляет 0.001 с.

Формально сезонные колебания обычно описываются суммой годовой и полугодовой гармоник, амплитуды и фазы которых меняются от года к году, обнаруживая интересные закономерности. Амплитуда годовой гармоники имеет характерное время изменения около шести, а полугодовой — около двух

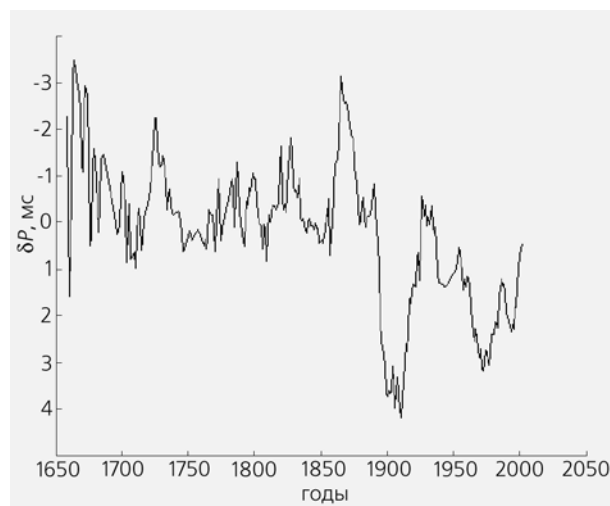


Рис.1. Отклонения δP длительности суток от эталонных ($P = 86\,400$ с) за последние 350 лет.

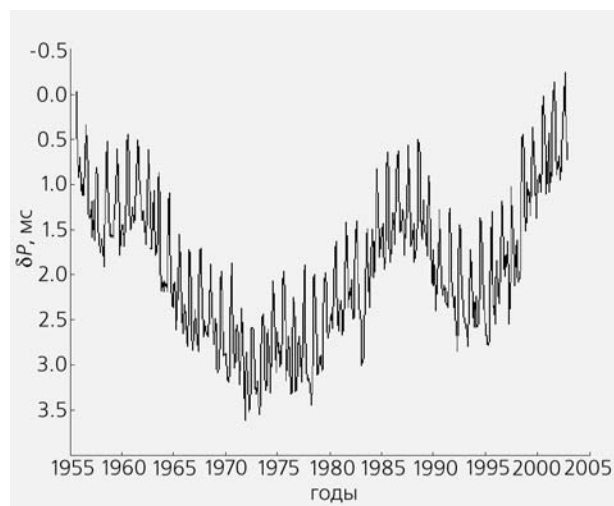


Рис.2. Среднемесячные отклонения δP земных суток от эталонных за последние 45 лет. Видно, что с 1956 по 1961 г. вращение Земли ускорялось, а с 1962 по 1972 г. — замедлялось и с 1973 г. по настоящее время — снова ускоряется. Замедление, закончившееся в 1972 г., началось в 1935 г., т.е. за пределами изображенного интервала. Ускорение, возникшее в 1973 г., вероятно, продлится до 2005–2010 гг.

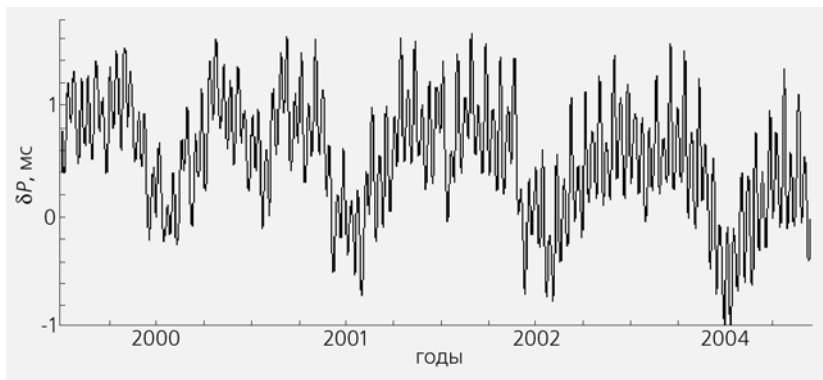


Рис.3. Ход отклонений длительности суток δP в 2000—2003 гг. с дискретностью в одни сутки. Здесь, помимо сезонных изменений, обусловленных гидрометеорологическими процессами, хорошо видны приливные колебания скорости вращения Земли. По величине размаха они немного уступают сезонным колебаниям, но их периоды в десятки раз короче сезонных — близки к 14 сут.

лет. Средняя величина амплитуд годовой и полугодовой гармоник равна соответственно 0.00035 и 0.00032 с.

В 80-е годы наблюдения в оптические телескопы стали дополняться новыми методами из-

мерений: с помощью радиointерферометров со сверхдлинными базами, лазерной локации спутников и Луны, системы глобального позиционирования (GPS) и т.д. Точность определения Всемирного времени увели-

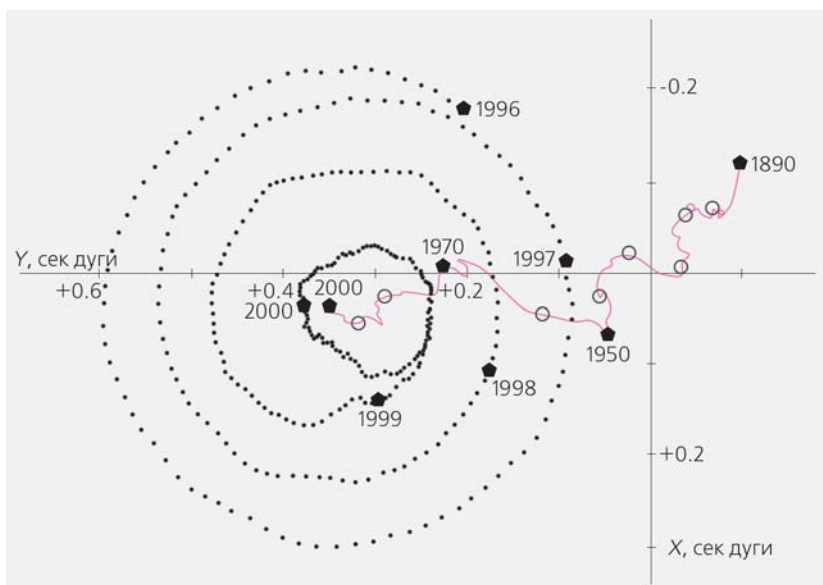


Рис.4. Траектория движения Северного географического полюса в 1996—2000 гг. Цветная кривая — траектория среднего полюса с 1890 по 2000 гг. (по данным Международной службы вращения Земли, 2000). Максимальное удаление мгновенного полюса от среднего отмечалось в 1996 г. Затем полюс стал закручиваться и в 2000 г. подошел на минимальное расстояние к центру спирали. С 2000 по 2003 г. полюс раскручивался, а сейчас снова закручивается, постепенно перемещаясь по спирали к своему среднему положению.

чилась на два порядка. В итоге стало возможным изучать колебания скорости вращения Земли с периодами до суток, а в настоящее время — до нескольких часов. На рис.3 воспроизведен ход отклонений длительности суток в 2000—2003 гг. с дискретностью в одни сутки (по данным Международной службы вращения Земли).

Эффективным инструментом исследования периодических процессов оказался спектральный анализ. Он заключается в том, чтобы, во-первых, представить изучаемые колебания в виде суммы элементарных гармоник, а во-вторых, выявить зависимость средних квадратов амплитуд этих гармоник от их частоты или периода, т.е. найти спектральную функцию или просто спектр. В спектре приливных колебаний скорости вращения Земли выделяются компоненты с периодами: год, полгода, 13.7, 27.3, 9.1 сут, 24, 12, 8, 6 ч. Спектральный анализ всего 350-летнего ряда среднегодовых значений δP дает максимум спектральной плотности на периоде около 70 лет. Колебание с этим периодом особенно заметно проявлялось в последние 150 лет. В начале XX в. амплитуда 70-летнего колебания достигала 2 мс.

Изменяется не только угловая скорость Земли — наша планета качается относительно оси вращения. Поэтому точки, в которых ось пересекает земную поверхность, — мгновенные географические полюса Земли — движутся. Они перемещаются по земной поверхности вокруг среднего многолетнего (за 6 лет) полюса в направлении вращения Земли, т.е. с запада на восток. Траектория движения мгновенного полюса имеет вид спирали, которая периодически то закручивается, то раскручивается. Для примера на рис.4 показана траектория движения Северного полюса за 1996—2000 гг.

Самое большое удаление мгновенного полюса от средне-

го не превышает 15 м. Закручивание и раскручивание траектории мгновенного полюса объясняется тем, что он совершает два периодических движения: свободное, или чандлеровское (названо в честь открывшего его в 1891 г. С.Чандлера), с периодом около 14 мес, и вынужденное с годовым периодом. Чандлеровское движение возникает, когда ось вращения Земли отклоняется от оси ее наибольшего момента инерции. Вынужденное движение вызывается действием на Землю периодических сил со стороны атмосферы и гидросферы, имеющих годовую цикличность. Период свободного движения зависит от динамического сжатия и упругих свойств Земли, а не от периода возбуждающей силы, как это характерно для вынужденного движения. Сложение этих двух периодических движений и дает наблюдаемую картину биений [1].

Анализ координат мгновенного полюса за последние 110 лет показывает, что вынужденное движение происходит по эллипсу с запада на восток. Величины больших полуосей эллипса колебались в пределах от 3.4 до 2.7 м, малых полуосей — от 2.5 до 1.8 м, эксцентриситетов — от 0.15 до 0.46, а восточные долготы большой полуоси изменялись от 205° до 145° в.д. Чандлеровское движение полюса, по тем же данным, происходит почти по круговой траектории. Оно характеризуется еще большей изменчивостью параметров. Радиус свободного движения имеет амплитудную модуляцию с периодом около 40 лет. Максимальные значения радиуса (9 м) наблюдались около 1915 и 1955 г., а глубокий минимум (2 м) — около 1930 г. Из-за этого в спектрах координат мгновенного полюса возле основного пика на чандлеровской частоте $1/(1.18 \text{ г.})$ имеется боковой пик на частоте $1/(1.24 \text{ г.})$.

На рис.4 видно, что центр спирали находится в стороне от исходной точки — международ-

ного условного начала координат. Причина тому — так называемое вековое движение географического полюса. Если из спектра координат мгновенного полюса отфильтровать годовую и чандлеровскую составляющие, можно получить координаты среднего полюса. Оказывается, он тоже смещается. В течение всего периода наблюдений средний полюс двигался по сложной зигзагообразной кривой со скоростью около 10 см в год с преобладающим направлением в сторону Северной Америки (меридиан 290° в.д.).

Чем вызваны периодические колебания?

Фигура Земли близка к эллипсоиду вращения. Когда Луна и Солнце не лежат в плоскости земного экватора, их силы притяжения стремятся развернуть

Землю так, чтобы экваториальные вздутия фигуры располагались по линии, соединяющей центры масс Земли, Луны и Солнца. Но Земля не поворачивается в этом направлении, а под действием момента пары сил прецессирует [2].

Ось вращения Земли медленно описывает конус вокруг перпендикуляра к плоскости эклиптики (рис.5). Вершина конуса совпадает с центром Земли. Точки равноденствий и солнцестояний движутся по эклиптике навстречу Солнцу, совершая один оборот за 25 700 лет (скорость движения 1° за 72 года).

Моменты сил притяжения, которые действуют на экваториальные вздутия, меняются в зависимости от положений Луны и Солнца по отношению к Земле. Когда Луна и Солнце находятся в плоскости земного экватора, моменты сил исчезают, а когда склонения Луны и Солнца максимальны, то и ве-

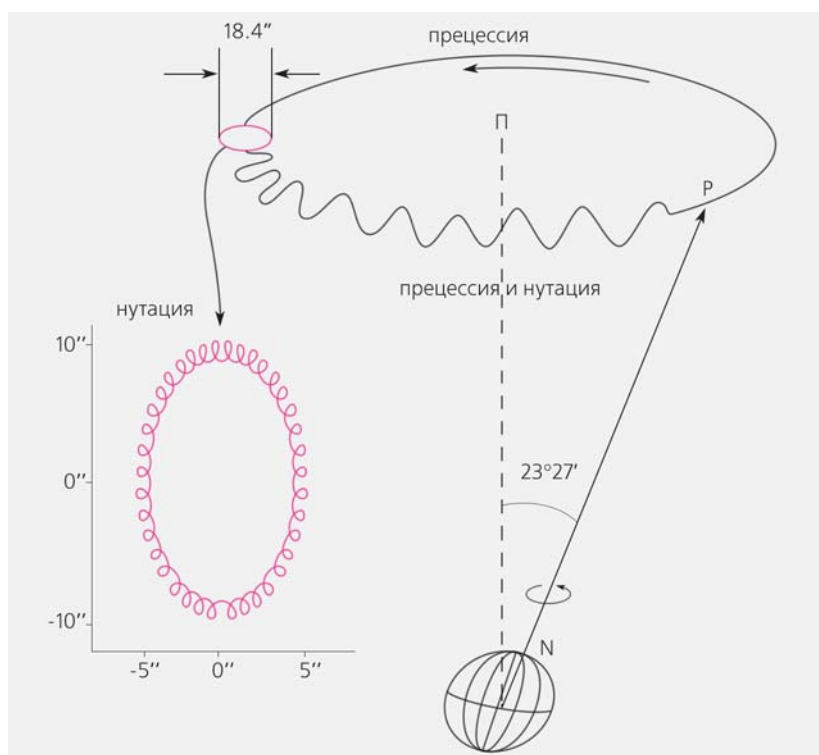


Рис.5. Схема движения оси вращения Земли в пространстве с точки зрения земного наблюдателя. Полюс мира P движется (прецессирует) вокруг полюса эклиптики П с периодом 25 700 лет и кроме того совершает небольшие нутационные движения с периодами от 18.6 года до 4 сут.

личина момента наибольшая. Вследствие колебаний моментов сил тяготения наблюдаются нутации оси вращения Земли, которые складываются из ряда небольших периодических колебаний. В теории нутации учитываются в настоящее время свыше 1000 членов. Главнейший из них имеет период 18.6 года — время обращения узлов орбиты Луны. Движение с этим периодом происходит по эллипсу. Большая ось эллипса перпендикулярна направлению прецессионного движения и равна $18.4''$; малая параллельна ему и равна $13.7''$. Далее по величине амплитуды идут члены с периодом 0.5 г., 13.7 сут, 9.3 г., 1 г., 27.6 сут и т.д. Из-за них траектория имеет вид «тонких кружев» (показано на увеличенном фрагменте в левой части рис.5). Таким образом, ось вращения Земли описывает на небесной сфере сложную волнообразную траекторию, точки которой находятся на угле расстояния в среднем около $23^{\circ}27'$ от полюса эклиптики.

Приливные выступы постоянно перемещаются по земной поверхности вслед за Луной и Солнцем — с востока на запад, т.е. в направлении, обратном суточному вращению Земли. Естественно, что при этом в океанах и в теле планеты возникают силы трения, которые тормозят вращение Земли, благодаря чему и происходит ее вековое замедление. По оценкам, сутки должны удлиниться из-за этого на 0.003 с за 100 лет. Таким образом, неравномерности вращения Земли, представленные на рис.1 и 2, почти не связаны с влиянием приливного трения, а вызываются другими причинами.

Земные приливы играют заметную роль и в колебаниях скорости вращения Земли с периодом менее одного месяца. Приливообразующая сила растягивает Землю вдоль прямой, соединяющей ее центр с центром возмущающего тела — Луны или Солнца. При этом сжатие

Земли увеличивается, когда ось растяжения совпадает с плоскостью экватора, и уменьшается, когда ось растяжения отклоняется к тропикам. Момент инерции сжатой Земли больше, чем недеформированной шарообразной планеты. А поскольку момент импульса Земли (т.е. произведение ее момента инерции на угловую скорость) должен оставаться постоянным, то скорость вращения сжатой Земли меньше, чем недеформированной. При движении Луны и системы Земля—Луна постоянно меняются склонения Луны и Солнца и расстояния от Земли до Луны и Солнца. Поэтому приливообразующая сила колеблется во времени. Соответствующим образом меняется сжатие Земли, что в конечном итоге и вызывает приливную неравномерность ее вращения. Наиболее значительны колебания скорости вращения с полумесячными и месячными периодами.

Чем же обусловлены неприливная неравномерность вращения Земли и движение полюсов? В принципе на вращение Земли могут влиять очень многие процессы: изменения в распределении воздушных масс в атмосфере, снежного и ледяного покровов, осадков и растительности на земной поверхности, вариации уровня Мирового океана, взаимодействие ядра и мантии Земли, извержения вулканов, землетрясения, воздействия внешних сил и т.д. Тщательные оценки вклада этих процессов позволили выявить наиболее существенные из них.

В течение года массы воздуха и влаги (воды, снега и льда) перераспределяются между материками и океанами, а также между Северным и Южным полушариями. Так, над Евразией масса воздуха в январе на $6 \cdot 10^{15}$ кг больше, чем в июле. С января по июль из Северного полушария в Южное переносится $4 \cdot 10^{15}$ кг воздуха. В течение всей зимы происходит накопление снега в северных районах Евразии и Северной Америки, весной же

снег тает, и влага возвращается в Мировой океан. Все это меняет момент инерции Земли и в какой-то степени сказывается на ее вращении. Оценки показывают, что сезонное перераспределение воздушных и водных масс мало влияет на сезонную неравномерность вращения Земли, но почти полностью обуславливает вынужденное движение географических полюсов с годовым периодом.

Чандлеровское движение полюсов возникает, как мы уже отмечали, когда ось вращения Земли отклоняется от оси наибольшего момента инерции планеты. Однако оно должно со временем затухать, так как энергия свободного движения полюсов преобразуется в тепло. Отсутствие затухания свободного движения полюсов указывает на то, что существуют некие процессы, непрерывно его поддерживающие. К таким процессам относят землетрясения, электромагнитное взаимодействие ядра и мантии Земли, лунно-солнечную прецессию и т.д. Наиболее вероятно, что свободное движение полюсов поддерживается межгодовыми колебаниями системы Земля—океан—атмосфера. Как удалось показать [2], атмосфера, океан и Земля совершают согласованные колебания. Так, квазидвухлетняя цикличность и южная осцилляция атмосферы, явления Эль-Ниньо и Ла-Нинья в океане, чандлеровское колебание и главная нутация Земли имеют соизмеримые частоты, кратные частоте Чандлера $1/(1.2 \text{ г.})$. Поэтому свободное движение географических полюсов может поддерживаться за счет комбинационных резонансов в системе Земля—океан—атмосфера.

Главная причина сезонной неравномерности вращения Земли — это атмосферная циркуляция [3]. Известно, что в среднем атмосфера движется относительно земной поверхности в низких широтах с востока на запад (дуют восточные ветры), а в умеренных и высоких —

с запада на восток (преобладают западные ветры). Момент импульса восточных ветров отрицателен, а западных — положителен. Можно было бы думать, что эти моменты компенсируют друг друга и момент импульса ветров всей атмосферы всегда равен нулю. Однако расчеты показывают, что у восточных ветров данная величина в несколько раз меньше, чем у западных [3]. Поэтому момент импульса ветров всей атмосферы не равен нулю, а составляет в среднем за год $+14 \cdot 10^{25}$ кг·м²·с⁻¹. Его величина меняется в течение года от $+16.1 \cdot 10^{25}$ кг·м²·с⁻¹ в апреле и ноябре до $+10.9 \cdot 10^{25}$ кг·м²·с⁻¹ в августе.

Момент импульса — это такая физическая величина, которая не может возникнуть или уничтожиться. Она способна лишь перераспределяться. В рассматриваемом случае перераспределение происходит между атмосферой и твердой Землей. Когда момент импульса атмосферы увеличивается, т.е. усиливаются западные ветры или ослабевают восточные, момент импульса тела Земли снижается, т.е. замедляется ее вращение. Когда же момент импульса атмосферы уменьшается (ослабевают западные или усиливаются восточные ветры), вращение Земли ускоряется. Степень согласия изменений моментов импульса атмосферы и Земли в 1958—2001 гг. иллюстрирует рис.6. Тот факт, что суммарный момент импульсов Земли и атмосферы всегда остается неизменным, может служить хорошей иллюстрацией справедливости закона сохранения момента импульса не только в лабораторных экспериментах, но и в глобальных масштабах.

Поскольку момент импульса ветров всегда положителен, значит, атмосфера в целом вращается вокруг оси быстрее Земли. Уподобляя движение атмосферы вращению твердого тела, можно сказать, что период ее обращения вокруг оси составля-

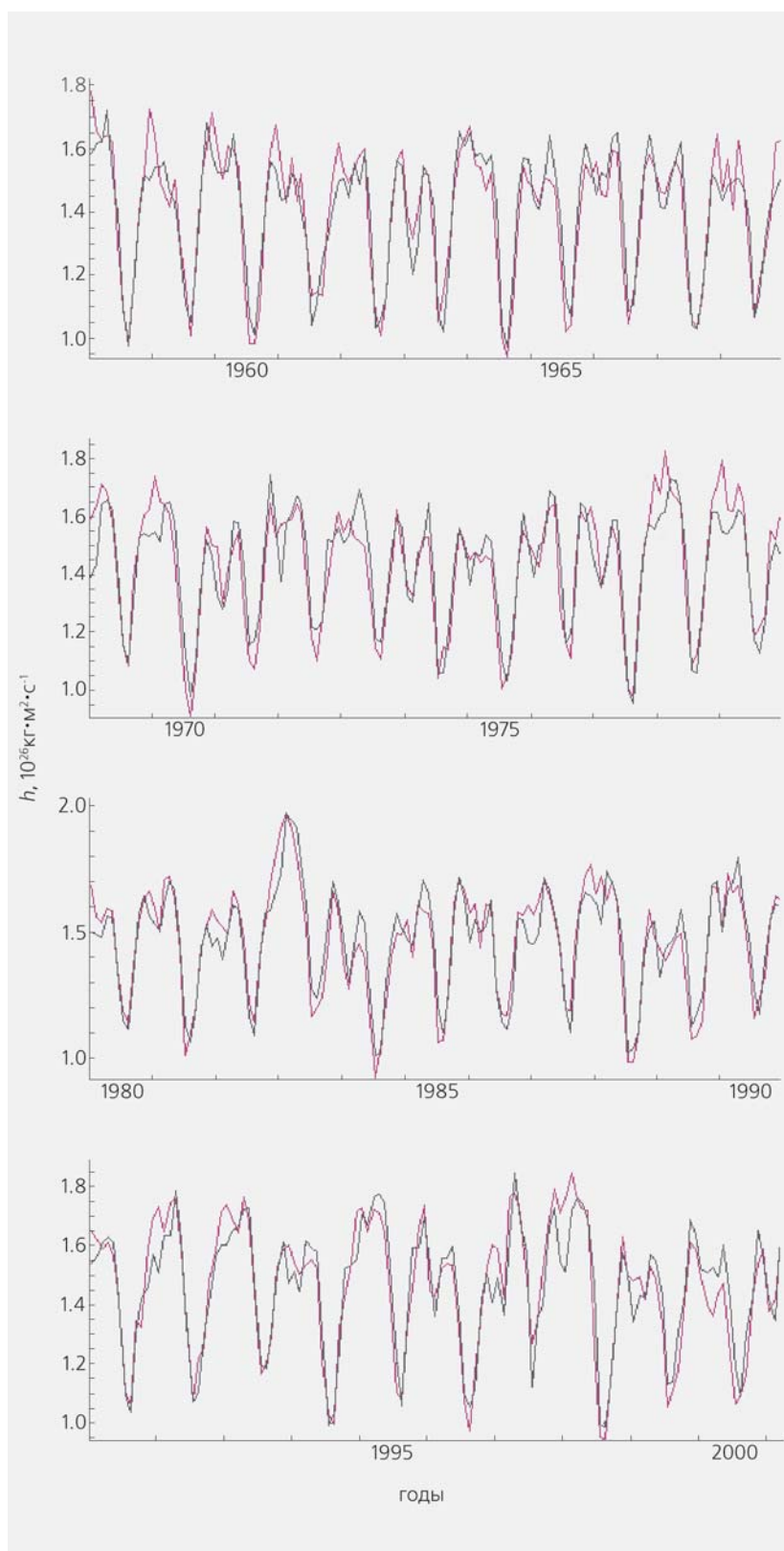


Рис. 6. Ход относительного момента импульса атмосферы h (цветная кривая) и вычисленных (с обратным знаком) приращений момента импульса Земли (черная кривая). Обе кривые совпадают в пределах ошибок наблюдений.

ет в апреле и ноябре 23 ч 36 мин, а в августе — 23 ч 45 мин. В среднем за год сутки для атмосферы длятся 23 ч 38 мин, а не 23 ч 56 мин, как для Земли.

Иногда думают: раз атмосфера обгоняет Землю в суточном вращении, значит, она должна непрерывно ускорять Землю. Однако на неравномерность вращения Земли влияют лишь изменения момента импульса ветров. Постоянная же величина этого момента была заимствована атмосферой у Земли на этапе формирования атмосферной циркуляции. Тогда скорость вращения Земли немного замедлилась (длительность суток возросла на 0.0024 с) и осталась таковой в настоящее время. Если иссякнет источник, поддерживающий ветры в атмосфере (Солнце), то атмосферная циркуляция прекратится, момент импульса ветров «сечет» к Земле и длительность суток вернет свое первоначальное значение (уменьшится на 0.0024 с).

Атмосферу, неравномерно разогретую по горизонтали солнечными лучами, можно рассматривать как тепловую машину. Она превращает тепловую энергию Солнца в кинетическую энергию ветров. Наиболее теплые части атмосферы выполняют в этом случае функции нагревателя, а самые холодные — холодильника. Рабочим телом служит сам воздух. В физике атмосферы сегодня известны несколько тепловых машин. Важнейшие из них — тепловые машины, порождаемые контрастом температур между экватором и полюсами. Известный отечественный геофизик В.В.Шулейкин назвал их тепловыми машинами первого рода [4]. Одна из них работает в Северном полушарии, другая — в Южном. Благодаря этим машинам поддерживаются восточные ветры в низких широтах и западные — в умеренных и высоких. Чем больше контраст температур между экватором и полюсом, тем интенсивнее атмосферная циркуляция

в данном полушарии и тем больше величина момента импульса ветров.

Контраст температур в каждом полушарии колеблется с годовым периодом. Он бывает наибольшим зимой, а наименьшим — летом. Поэтому момент импульса ветров Северного полушария, удерживаемый тепловой машиной первого рода, совершает гармонические колебания с периодом в один год (от максимального значения в январе до минимального в июле). В Южном полушарии годовое колебание имеет противоположную фазу: момент импульса максимален в июле, а минимален в январе. Поэтому годовые колебания ветров Северного и Южного полушарий компенсируют друг друга и момент импульса ветров всей атмосферы должен оставаться почти постоянным. Итак, тепловые машины первого рода обуславливают появление в атмосфере положительной величины момента импульса ветров, но почти не влияют на его сезонные колебания.

Долгое время оставалось неясным, почему момент импульса ветров всей атмосферы испытывает наблюдаемые сезонные колебания. В 1975 г. автор открыл существование в атмосфере межполушарной тепловой машины, о чем можно подробно прочесть в книге [3]. Было обнаружено, что в верхних слоях атмосферы самой теплой областью является не экватор и не параллель, на которой Солнце в полдень находится в зените, а полярная шапка летнего полушария (в июле — северная, в январе — южная). Оказалось, что средняя температура воздуха непрерывно убывает от полюса летнего полушария до полюса зимнего (в июле — от Северного полюса до Южного, в январе — от Южного полюса до Северного). Стало ясно, что в атмосфере имеется межполушарная тепловая машина, нагревателем которой служит атмосфера летнего полушария, а холодильником — атмосфера зимнего. Межполу-

шарная тепловая машина препятствует работе тепловых машин первого рода: она уменьшает величину момента импульса ветров, удерживаемую в атмосфере тепловыми машинами первого рода. Чем больше контраст температур между полушариями, тем значительнее этот эффект. В январе и июле, когда межполушарная тепловая машина действует наиболее интенсивно, момент импульса ветров уменьшается до минимальных значений, а скорость вращения Земли достигает максимальных величин. В апреле и ноябре температурные различия между атмосферой Северного и Южного полушарий выравниваются; межполушарная тепловая машина прекращает свою работу, поэтому в атмосфере удерживается предельно большая величина момента импульса ветров и скорость вращения Земли становится минимальной.

Различие июльского и январского максимумов скорости вращения Земли связано с тем, что атмосфера Северного полушария в среднем за год теплее атмосферы Южного. Поэтому контраст температур между полюсами в июле значительно больше, чем в январе. Если бы подстилающие поверхности в Северном и Южном полушариях были одинаковы, то январский и июльский максимумы не различались бы. Интенсивность работы межполушарной тепловой машины меняется от года к году. В соответствии с этим меняются и параметры сезонных колебаний скорости вращения Земли.

Причины десятилетних изменений

Десятилетние изменения скорости вращения Земли слишком велики, чтобы их можно было объяснить, как и сезонные колебания, перераспределением момента импульса между атмосферой и Землей. Например, за-

медление скорости вращения с 1870 по 1903 г. было таким, что момент импульса Земли уменьшился на $48 \cdot 10^{25}$ кг·м²·с⁻¹. Если бы замедление произошло из-за перераспределения момента импульса между Землей и атмосферой, то момент импульса ветров в 1870 г. был бы на $48 \cdot 10^{25}$ кг·м²·с⁻¹ меньше, чем в 1903 г. Другими словами, скорость ветров в атмосфере должна была бы увеличиться более чем в три раза (за 33 года западные ветры должны были постепенно усилиться, а восточные — ослабеть примерно на 20 м/с). Однако столь больших десятилетних колебаний атмосферной циркуляции нет. Не удается объяснить десятилетнюю неравномерность вращения Земли и за счет изменений момента ее инерции: необходимых для этого изменений просто не наблюдается. Поэтому считают, что долгопериодическая неравномерность вращения Земли не может вызываться геофизическими процессами, протекающими на земной поверхности. Обычно ее связывают с внутриземными процессами, такими как взаимодействие ядра и мантии Земли. В пользу этой гипотезы свидетельствует тесная корреляция между изменениями скорости вращения Земли и флуктуациями скорости дрейфа экваториального магнитного диполя Земли с характерным временем порядка 60 лет. В последние годы получен ряд эмпирических фактов, которые заставляют по-новому взглянуть на эту проблему. Расскажем о них по порядку.

Влияние атмосферы на вращение Земли можно оценить не только в результате подсчета изменения момента инерции и момента импульса атмосферы, но и путем вычисления моментов сил, действующих на Землю со стороны атмосферы. К ним, как известно, относятся силы трения ветра о подстилающую поверхность и силы давления на горные хребты, которые, подобно парусам, стоят на пути вет-

ров. Чтобы определить моменты этих сил, требуются данные о полях ветра или атмосферного давления в приземном слое над всей Землей. Зная суммарный момент сил, легко рассчитать ускорение и неравномерность вращения Земли. Автор воспользовался таким методом и вычислил неравномерность вращения Земли за 1956—1977 гг. по данным о полях среднего месячного атмосферного давления на уровне моря над всем земным шаром за указанный период.

Расчеты показали, что не только сезонная, но и долгопериодическая неравномерность вращения Земли могла быть вызвана в 1956—1977 гг. механическим воздействием атмосферы на Землю. Этот результат указывает на существование переноса «порцией» иногда положительного, а иногда отрицательного момента импульса через приземный слой атмосферы, что приводит к многолетней неравномерности вращения Земли. В то же время изменений момента импульса ветров, необходимых для выполнения баланса, не наблюдается. Следовательно, должен быть какой-то «поставщик» момента импульса в атмосферу. Естественно предположить, что атмосфера получает его либо из околоземного космического пространства, либо от Земли — в процессе многолетнего перераспределения воды между океаном и сушей. Оценки показали, что поток момента импульса из космоса за счет солнечного ветра и воздействия межпланетного магнитного поля пренебрежимо мал, и поэтому дальнейшие усилия были направлены на исследование роли перераспределения воды.

Как известно, около 2% всей влаги на Земле находится в замерзшем состоянии (в основном в виде льда). Общая масса льда в современную эпоху равна около $28.4 \cdot 10^{18}$ кг; из этого объема 90% приходится на ледниковый щит Антарктиды, 9% — на

ледник Гренландии и менее 1% — на все остальные горные ледники. Площади ледниковых щитов составляют: в Антарктиде $13.9 \cdot 10^{12}$ м², в Гренландии $1.8 \cdot 10^{12}$ м², на горные ледники приходится $0.5 \cdot 10^{12}$ м².

Масса ледников значительно меняется во времени. Например, 12 тыс. лет назад растаял громадный ледниковый щит, покрывавший в четвертичном периоде почти всю Русскую равнину и значительные пространства Западной Европы и Северной Америки. Во время малого климатического оптимума (около тысячи лет назад) ледниковый щит Гренландии имел существенно меньшую массу, чем ныне. Такое перераспределение воды между Мировым океаном и ледниковыми щитами неизбежно сопровождалось изменением момента инерции Земли и должно было приводить к неравномерности ее вращения и движению полюсов.

Теория позволяет получить систему алгебраических уравнений, которые связывают скорость вращения Земли и координаты географического полюса с массами антарктического и гренландского льдов и с массой воды в Мировом океане. С помощью этих уравнений решаются две задачи. Если известны массы льда в Антарктиде и Гренландии и воды в Мировом океане, можно вычислить характеристики вращения Земли — координаты географического полюса и скорость вращения. Если же эти массы неизвестны, но имеются данные о нестабильностях вращения Земли, можно решить обратную задачу: по координатам полюса и скорости вращения найти ежегодные объемы масс льда в Антарктиде, Гренландии и воды в Мировом океане. На основе данных о вращении Земли за последние 110 лет автор решил обратную задачу [1]. К сожалению, мы не смогли сопоставить ряды вычисленных масс льда в Гренландии и воды в Мировом океане с данными наблюдений из-за

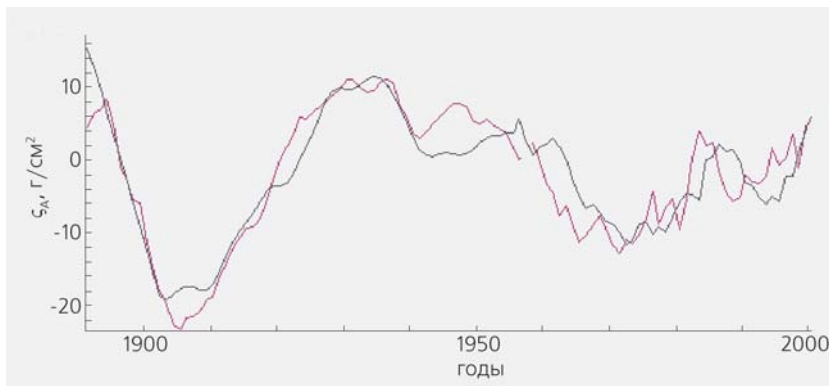


Рис.7. Изменение во времени отклонения удельной массы льда в Антарктиде ξ_A (черная кривая — теоретические величины, цветная кривая — эмпирические данные).

отсутствия последних. Лишь для Антарктиды удалось сравнить расчетную кривую с эмпирической (рис.7). Их качественное согласие оказалось столь хорошим, что связь многолетней неравномерности вращения Земли с флуктуациями глобального водообмена представляется вполне вероятной. Однако вычисленные колебания глобаль-

ного водообмена почти в 29 раз больше наблюдаемых.

Этот противоречивый результат, возможно, свидетельствует о том, что наблюдаемые десятилетние особенности вращения не связаны с неравномерностью вращения и движения полюсов всей Земли, а лишь отражают изменения скорости дрейфа литосферы по астеносфере.

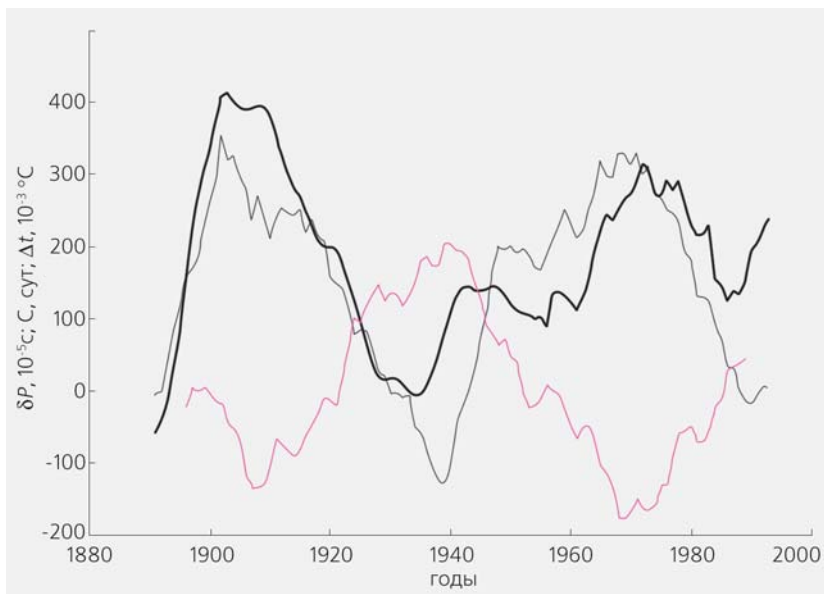


Рис.8. Синхронные изменения отклонений длительности земных суток δP от эталонных (черная кривая), накопленных аномалий годового числа дней с синоптическими процессами типа С (серая кривая) и скользящих десятилетних аномалий Δt температуры воздуха Северного полушария после исключения тренда и увеличения в 1000 раз (цветная кривая). Сопоставление кривых показывает их тесную корреляцию.

В самом деле, моменты сил одного знака, возникающие в процессе флуктуаций глобального водообмена, действуют в течение десятилетий. Возможно, что лежащее под литосферой вещество астеносферы при столь длительных воздействиях ведет себя не как твердое тело, а течет подобно вязкой жидкости. Тогда десятилетний глобальный водообмен может вызвать скольжение литосферы по астеносфере, не оказывая заметного влияния на более глубокие слои. При астрономических наблюдениях изменение скорости дрейфа литосферы регистрируется как «неравномерность вращения Земли» и «движение полюсов». Но для достижения таких кажущихся эффектов требуется перераспределение масс воды, в 29 раз меньшее, чем для существующих в действительности. В пользу этой гипотезы свидетельствует неоднократно отмечаемая корреляция сейсмической активности с неравномерностью вращения Земли.

Состояние ледниковых щитов Антарктиды и Гренландии зависит от динамики климата. Поэтому флуктуации вращения Земли могут коррелировать с вариациями климатических характеристик и индексов. И такая связь найдена [1, 5]. Установлена тесная корреляция десятилетних флуктуаций вращения Земли с изменениями эпох атмосферной циркуляции, колебаниями глобальной температуры воздуха, региональных осадков и облачности и даже с колебаниями уловов промысловых рыб в Тихом океане. Замечено, что каждому режиму вращения Земли соответствует своя преобладающая форма атмосферной циркуляции (отечественный метеоролог Г.Я.Вангенгейм обозначил их латинскими буквами W, E, C) и, следовательно, свой режим погоды в различных районах земного шара. На рис.8 приведен ход изменений скорости вращения Земли, температуры воздуха в Северном полушарии и накопленных за 1891—

1998 г. аномалий повторяемости синоптических процессов типа С в атмосфере.

Итак, с одной стороны, десятилетние флуктуации скорости вращения Земли могут возникать из-за обмена моментом импульса между мантией и жидким ядром Земли. Изменения скорости вращения жидкого ядра вызывают колебания скорости вращения мантии. При этом суммарный момент импульса Земли остается постоянным. С другой стороны, существует тесная связь между десятилетними флуктуациями вращения Земли и вариациями климатических и гляциологических характеристик. Но процессы в ядре Земли не могут влиять на смену эпох атмосферной циркуляции, на флуктуации температуры воздуха, атмосферные осадки, состояние ледников и другие климатические процессы и характеристики.

Эти противоречия устраняются, если предположить, что существует третья причина, которая одновременно влияет и на процессы в земном ядре, и на процессы в климатической системе. Такой причиной может быть гравитационное взаимодействие Земли с Луной, Солнцем и планетами. В частности, притяжение Луной, Солнцем и планетами несферичных, неоднородных оболочек Земли, занимающих эксцентричные положения, приводит к вынужденным перемещениям масс из-за относительного смещения и колебания их центров. Весь комплекс возникающих при этом в земных оболочках явлений можно для краткости назвать обобщенными приливами.

С одной стороны, обобщенные приливы вызывают изменения в ядре и связанные с ними многолетние вариации геомагнитного поля. С другой стороны, они обуславливают вариации в климатической системе, которые приводят к флуктуациям вращения Земли. В таком случае, естественно, десятилетние вариации вращения Земли

будут коррелировать со всеми вышеназванными геофизическими и гидрометеорологическими процессами.

Учет эффектов вращения Земли в гидрометеорологии

Изучение неравномерности вращения Земли и движения географических полюсов перспективно в целях решения обратных задач. Дело в том, что определять колебания глобальных характеристик атмосферы или гидросферы значительно сложнее, нежели отражающих их колебаний скорости вращения Земли и движения географических полюсов. Так, чтобы один раз вычислить момент импульса ветров, необходимо собрать данные о распределении ветра по высоте со всех аэрологических станций мира, произвести их объективный анализ (т.е. интерполяцию и экстраполяцию) и взять численным путем интеграл по объему атмосферы. Данные же о сезонных колебаниях угловой скорости вращения Земли позволяют без труда и почти с такой же точностью определить колебания момента импульса ветров; для этого достаточно учесть лишь некоторые известные поправки (см. рис.6).

Сезонная неравномерность вращения Земли отражает работу межполушарной тепловой машины и может использоваться в качестве показателей разности температур, интенсивности циркуляции воздуха и обмена влагой между Северным и Южным полушариями.

Десятилетние флуктуации скорости вращения Земли и вековое движение полюса могут использоваться для расчета изменений масс льда в Антарктиде, Гренландии и объема воды в Мировом океане (см. рис.7). По этим же флуктуациям можно следить и в какой-то степени прогнозировать колебания климата. Дело в том, что периоды

ускорений вращения Земли (когда длительность суток уменьшается) совпадают с эпохами отрицательных аномалий частоты появления атмосферной циркуляции типа С и положительных аномалий атмосферной циркуляции комбинированного типа W+E (по Вангенгейму). В эти периоды увеличивается масса льда в Антарктиде, ослабевает интенсивность зональной циркуляции, повышается темп роста температуры в Северном полушарии, преобладают положительные аномалии глобальной облачности, нарастают уловы промысловых рыб в Тихом океане (см. рис.8). В периоды замедлений скорости вращения Земли в одних районах земного шара становится теплее и суше, в других — прохладнее и более влажно; атмосферная циркуляция типа С возникает чаще, а W+E — реже обычного; масса льда в Антарктиде уменьшается; снижается темп роста глобальной температуры; отмечаются отрицательные аномалии глобальной облачности; от года к году сокращаются уловы промысловых рыб в Тихом океане.

Ускорение вращения Земли, начавшееся в 1973 г., закончится, вероятно, в 2005—2010 г. Поэтому можно ожидать, что в ближайшие годы наступит период замедления вращения Земли и начнется новая погодная эпоха с характерными для этого периода изменениями, рассмотренными выше.

Как уже отмечалось, в последние 20 лет надежно измеряются приливные колебания скорости вращения Земли. В течение многих лет автор вел синхронный мониторинг приливных колебаний скорости вращения Земли, эволюции синоптических процессов в атмосфере, режимов атмосферной циркуляции и вариаций гидрометеорологических характеристик во времени. В итоге было замечено, что большинство синоптических процессов в атмосфере меняется синхронно с при-

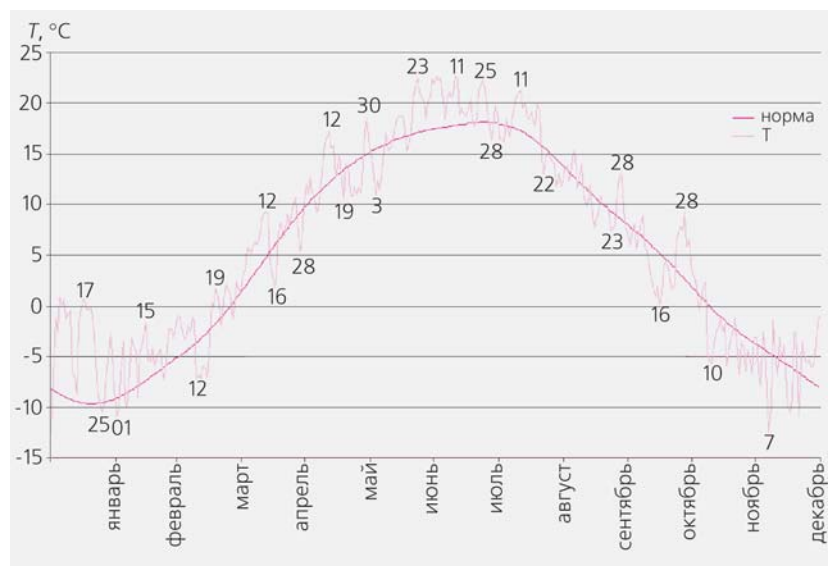


Рис.9. Прогноз среднесуточной температуры воздуха в г. Москве на 2004 г. Цифрами на графике отмечены календарные даты ожидаемых экстремумов.

ливными изменениями угловой скорости вращения Земли. На ретроспективных данных автор показал, что между приливными колебаниями скорости вращения Земли и изменениями синоптических процессов в атмосфере имеется статистически значимое синхронное соответствие. Естественные синоптические периоды совпадают с режимами вращения Земли. Приливные колебания скорости вращения Земли обусловлены лунно-солнечными зональными приливами. Значит, и естественные синоптические периоды вызваны зональными приливами. Для проверки этого вывода были вычислены спектры вариаций момента импульса атмосферы — они четко показа-

ли преобладание гармоник зональных приливов. Так автором было сделано открытие, заключающееся в том, что эволюция синоптических процессов в атмосфере происходит не только за счет внутренней динамики климатической системы, но и под управлением внешнего дирижера — лунно-солнечных зональных приливов [6]. Естественные синоптические периоды обусловлены колебаниями приливных сил, а смены этих периодов происходят в соответствии с изменениями знака приливных сил.

Благодаря этому открытию стало возможным прогнозировать границы естественных синоптических периодов по предвычисленным приливным коле-

баниям скорости вращения Земли с любой заблаговременностью. Нами разработан «Способ прогноза гидрометеорологических характеристик», зарегистрированный в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 10 мая 2002 г. [7]. Наша методика прогнозирования принципиально отличается от тех, которыми повсеместно пользуются синоптики-долгосрочники; она позволяет составлять метеорологические прогнозы с суточным разрешением и на срок до одного года. Оправдываемость прогнозов температуры воздуха составляет около 75%. В качестве примера на рис.9 приведен прогноз среднесуточной температуры воздуха в г.Москве на 2004 г.

Мы полагаем, что эту методику можно использовать для прогнозирования и природных, и социальных явлений: сейсмичности, извержений вулканов, экономических кризисов, вспышек эпидемий, социальных волнений... Для этого необходим комплексный пространственно-временной анализ различных событий, при условии, что над ним будут одновременно работать ученые различных направлений: медики, психологи, историки в кооперации с астрономами и геофизиками. Тогда можно не только ретроспективно выявить совпадения и закономерности природно-социальных катаклизмов, но и сделать их вероятностный прогноз. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 02-02-16178.

Литература

1. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли. М., 2002.
2. Сидоренков Н.С. Межгодовые колебания системы атмосфера—океан—Земля // Природа. 1999. №7. С.26—34.
3. Сидоренков Н.С. Атмосферные процессы и вращение Земли. СПб., 2002.
4. Шулейкин В.В. Взаимодействие звеньев в системе «Океан—Атмосфера—Материки» // Природа. 1971. №10. С.12.
5. Lambeck K. The Earth's Variable Rotation: Geophysical Causes and Consequences. Cambridge, 1980.
6. Сидоренков Н.С. // Земля и Вселенная. 2003. №5. С.3—9.
7. Сидоренков Н.С., Сидоренков П.Н. Патентное изобретение №2182344. 10 мая 2002 г.



О кристаллах, полиэдрах, радиоляриях, вольвоксах, фуллеренах и немного — о природе вещей

Ю.Л.Войтеховский

Из студенческих лет память сохранила много забавных эпизодов. Однажды накануне Нового года в аудиторию буквально вбежал профессор кристаллографии И.И.Шафрановский. Кто его помнит, тот поймет, насколько странно было видеть очень пожилого, сгорбленного, обычно неторопливого маститого ученого столь возбужденным. Побегав вдоль доски, член нескольких зарубежных академий достал дрожащими руками из кармана пиджака листок белой бумаги и, развернув его, показал нам довольно симпатичную, явно вырезанную руками ребенка снежинку. «Посмотрите, какой ужас! Все ли видят, какой это ужас?», — проскрипел своим характерным надтреснутым голосом Илларион Илларионович. И после длинной паузы, окинув печальным взором никак не отреагировавшую огромную холодную аудиторию и потрясая над головой бумажкой, профессор трагически произнес: «Вот как плохо учат наших внуков в детских садах! Запомните на всю жизнь — не бывает пятиугольных снежинок!»

Вторая история связана с именем столь же прославленного ученого — профессора минералогии Д.П.Григорьева. Что тут скрывать, мы его здорово побаивались. Уж больно строг был, хотя и справедлив. Байками про «ДЭПэ» выпуск-



Юрий Леонидович Войтеховский, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Геологического института УрО РАН, заведующий лабораторией Центра высоких технологий Кольского филиала Петрозаводского государственного университета. Основные научные интересы связаны с математическими исследованиями на стыке кристаллографии, минералогии и биологии.

ники Ленинградского горного института до сих пор пугают молодых студентов-геологов. Зато экскурсии в Минералогический музей института и Эрмитаж, которые Дмитрий Павлович вдохновенно проводил для своих учеников, были незабываемыми. Как-то стоя с нами перед замечательной друзой горного хрусталя неподалеку от столь же уникальной глыбы малахита, Дмитрий Павлович заметил, что в фондах музея хранятся не менее красивые экспонаты. И на наш недоуменный вопрос, почему бы их не поставить вместо вон той невзрачной витрины с бокситами, ответил: «Как специалисты вы должны знать следующую правду. В жизни чаще встречаются серенькие и поцарапанные, а не яркие и сверкающие гранями кристаллы. Научитесь одинаково ценить и бриллиант

в перстне, и мутное зерно кварца в граните, и чешуйку каолинита в скользкой после дождя глине». Помня эти уроки, мне хочется рассказать еще одну правду, которая проясняется прямо на наших глазах и кажется мне важной.

Кристаллы и полиэдры

Речь пойдет о формах кристаллов, причем не каких-то экзотических, а самых обычных — в виде полиэдров (многогранников). Именно такими они вырастают в благоприятных условиях: при не очень больших пересыщениях питающих растворов, медленном изменении параметров среды, не теснимые соседями, не сотрясаемые подвижками земной коры... Естественная огранка кристаллов издревле поражала человеческое во-

ображение. Поэтому ясно, что ее природа глубоко изучена. Кристаллография прочно стоит на геометрическом основании. При описании форм кристаллов удобным инструментом является теория симметрии. В зависимости от вида и числа осей, а также наличия плоскостей симметрии и центра инверсии кристаллы разделены на 7 сингоний и 32 класса. В каждом из них разрешены лишь определенные простые кристаллографические формы (всего 47), в сочетании образующие облик кристалла, если только он не искажен последующими процессами. Комбинации простых форм дают огромное теоретическое разнообразие вариантов. Специалисты давно интересуются вопросом, какие из них встречаются в природе чаще. На сегодня установлено, что наиболее часты кристаллы планаксиального вида симметрии моноклинной и ромбической сингоний. Опуская подробности, поясним, что это не самые симметричные фигуры, хотя они достаточно далеки от форм тривиальных, вообще не содержащих элементов симметрии. Такой класс тоже имеется в систематике, хотя и выглядит изгоем перед лицом остальных, в которых есть хотя бы один, а чаще несколько замысловато взаимодействующих элементов симметрии.

Теоретически и фактически огромное разнообразие форм кристаллов подсказало мне идею рассмотреть их на фоне всего мыслимого многообразия полиэдров. И чтобы охватить их единым взглядом, нам не обойтись без некоторых упрощающих определений. Во-первых, под комбинаторным типом полиэдра далее будем понимать его совокупную характеристику, включающую число, тип (3-, 4-, ..., n -угольные) и способ со-

единения граней. Комбинаторный тип не меняется при непрерывной деформации полиэдра. Так, любой куб эквивалентен любому параллелепипеду. Во-вторых, под комбинаторной симметрией будем понимать симметрию самого симметричного полиэдра, имеющего тот же комбинаторный тип. Польза этих определений состоит в том, что если число различных полиэдров с данным числом граней (не меньше 4) бесконечно, то число их комбинаторных типов конечно и исчислимо. При этом группа симметрии любого полиэдра (в зависимости от его конкретной метрической реализации) является некоторой подгруппой в группе комбинаторной симметрии. Иначе говоря, бесконечное разнообразие абстрактных полиэдров на уровне комбинаторных типов и симметрий становится обозримым и характеризуемым.

Систематическое перечисление комбинаторных типов полиэдров было начато английским математиком Т.П.Киркманом (1862), нашедшим все 4- ... 8-эдры. Наш соотечественник Е.С.Федоров (1893), заложивший основы теоретической кристаллографии, с помощью оригинального алгоритма перечислил все 4- ... 7-эдры, а также простые (в каждой вершине сходятся по три ребра) 8- и 9-эдры. Немец О.Гермес (1899), также независимо, нарисовал все 4- ... 8-эдры, а его земляк М.Брюкнер (1900) — простые 4- ... 10-эдры. Этим завершился «период рисования», достоинством которого было всестороннее изучение каждой найденной формы. Но число полиэдров достигло такой величины, что ручной труд оказался далее невозможным. Прошло 65 лет, прежде чем к проблеме вернулись вооруженные компьютерами мате-

матики. Американец Д.У.Грейс (1965) пересчитал все простые 4- ... 11-эдры, его соотечественники Р.Боуэн и С.Фиск (1967) — простые 4- ... 12-эдры, голландец П.Дж.Федерико (1969, 1981) — все 9- и 10-эдры, наконец, швейцарец П.Энгель (1982, 1994) с помощью федоровского алгоритма нашел все 11-, 12- и простые 13-эдры. Я проверил данные о комбинаторных типах и симметриях всех 4- ... 10-, а также простых 11- ... 13-эдров, устранил некоторые ошибки и опубликовал изображения всех 4- ... 8- и простых 9- ... 12-эдров, поскольку — увы! — до сих пор самое лучшее описание полиэдра — его изображение. Для простых 13- ... 15-эдров впервые найдена статистика точечных групп симметрии. Этим, в главных чертах, и характеризуется сегодняшнее состояние проблемы. Каковы же основные результаты по существу?

Все 4-, 5- и 6-эдры (1, 2 и 7 типов, соответственно) комбинаторно симметричны. Из 7-эдров (34) комбинаторно асимметричны 7 (рис.1), из 8-эдров (257) — 140, 9-эдров (2606) — 2111, 10-эдров (32 300) — 30 014, простых 11-эдров (1249) — 970, 12-эдров (7595) — 6756, 13-эдров (49 566) — 47 030, 14-эдров (339 722) — 331 796, 15-эдров (2 406 841) — 2 382 352. Тенденция очевидна — с ростом числа граней доля комбинаторно асимметричных полиэдров монотонно растет, достигая для 10-эдров в целом 93%, а для простых 15-эдров — 99%. Нас, конечно, интересует физическая интерпретация найденной закономерности. Однако здесь возникает сложность. По своей природе математика не является прислугой в доме естественных наук, но озабочена лишь собственной непротиворечивостью. И воистину достойно удивления, что всякая ее находка со временем обнаруживает адекватный природный объект. Впрочем, здесь внимательный читатель может заметить, что приведенная выше статистика точечных групп симметрии кристаллических полиэдров явно противоречит таковой для полиэдров абстрактных. Верно, но в послед-

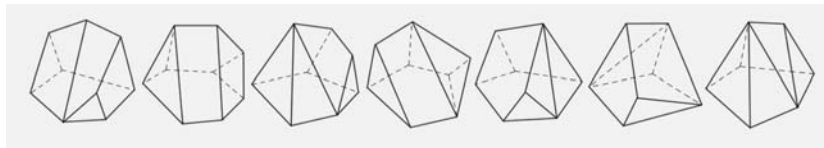


Рис. 1. Все комбинаторно асимметричные 7-эдры. Никакой непрерывной деформацией нельзя получить из них симметричные формы.

ние годы благодаря применению сложнейшей аппаратуры ученые сумели проникнуть в мир микро- и наноразмерных минеральных индивидов. Оказалось, что подавляющее большинство открытых, что называется, «на кончике иглы» минеральных видов относится к низкосимметричным формам. Один из самых удачливых охотников за новыми минералами А.П.Хомяков прогнозирует изменение статистики в пользу низкосимметричных форм к 2005 г. По-видимому, природное многообразие кристаллов все же верно реализует главную потенцию нашего мира — довлеющее преобладание комбинаторно асимметричных форм.

Радиолярии

Изучение абстрактных полиэдров не только увлекательно само по себе, но и может принести практическую пользу. Поскольку не всякий читатель сочтет бесспорно полезным установленный факт асимптотического преобладания комбинаторно асимметричных форм над симметричными, я расскажу о полиэдрах, известных очень давно, но очевидная полезность которых обнаружилась совсем недавно.

В комбинаторной геометрии полиэдров есть замечательная теорема о том, что невозможен выпуклый полиэдр, у которого одновременно отсутствовали бы 3-, 4- и 5-угольные грани. Причем, если отсутствуют 3- и 4-угольные грани, то 5-угольных должно быть сразу не менее 12. Простейший пример — додекаэдр. Прелесть теоремы состоит в том, что она утверждает что-то важное о геометрических потенциях окружающего мира, которые нам даны и которые мы с легкостью не замечаем.

А можно ли разрешить наличие на полиэдре лишь 5- и 6-угольных граней? И еще потребовать для простоты представления, чтобы они сходились по три в каждой вершине. Оказывается, подобные формы уже изучал великий Л.Эйлер. И доказал, что у них должно быть ровно 12

5-угольных граней при сколь угодно большом числе 6-угольных! Правда, 13-эдры указанного типа невозможны. Это чуть-чуть уточняет теорему Л.Эйлера — первую из целого ряда теорем, характеризующих комбинаторное многообразие фуллеренов. Именно такое имя получили указанные гранные формы в дальнейшем. Однако обо всем — по порядку. Перенесемся назад во времени.

Вспомним рубеж XIX и XX вв. Бурный научный и промышленный прогресс. Мир упивается новыми техническими достижениями. Заводы, фабрики, автомобили, самолеты, корабли, радио, телефон... И рядом со всем этим почти незаметными остались научные океанографические экспедиции. Среди прочего, их результатом явилось первое микроскопическое исследование глубоководных илов, открывшее фантастический мир ажурных скелетов радиолярий, населяющих толщу Мирового океана. Благодаря Э.Геккелю, издавшему, кроме научных трудов, и красочные альбомы зарисовок, публика вскоре была зачарована невиданными картинами. В 1902 г. 18 брошюр под общим названием «Красота форм в природе», содержащих 90 красочных таблиц, были изданы в Санкт-Петербурге товариществом «Просвещение». Вы легко найдете среди них полиэдрические скелеты, явно относящи-

ся к фуллеренам или родственным им формам (рис.2).

В 1936 г. советский математик и механик Д.Д.Мордухай-Болтовской в «Записках Ростовского государственного университета» опубликовал обширную работу под громким, но заслуживающим того названием «Геометрия радиолярий». По систематичности и тщательности проработки проблемы она не превзойдена до сих пор. Впрочем, правильнее будет сказать, что она практически забыта вместе с именем автора. Для нас здесь важно то, что на рисунках среди прочих форм можно видеть все те же фуллерены (рис.2). Статья начинается словами «правильные формы в природе объясняются экономией материала». К этой мысли мы еще вернемся.

«Ну и что из того, кроме красоты форм?» — спросит прагматично настроенный налогоплательщик. А то, что проблемы таксономии (классификации) и филогении (эволюционного родства) радиолярий далеко не исчерпаны. И если изучение сложных форм их скелетов хоть немного прояснит данные проблемы, то это позволит продвинуться в расчленении и корреляции разрезов погребенных и современных океанических осадков, реконструкции палеогеографических обстановок и, в конечном счете, прогнозирования минеральных ресурсов.

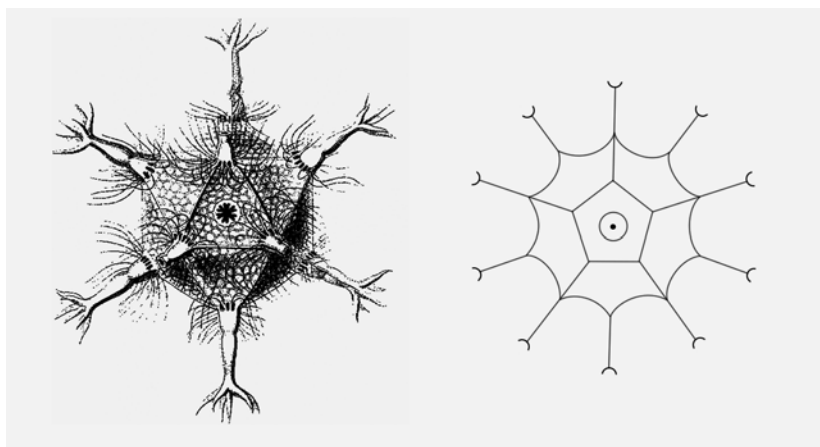


Рис.2. Скелеты *Circogonia icosahedra* (слева, по Э.Геккелю), и *S.dodecahedra* (справа, по Д.Д.Мордухай-Болтовскому), геометрически дуальные простейшему фуллерену — додекаэдру.

Вольвоксовые водоросли

Теперь мы плавно переместимся в смежную область. Примерно в то же время в прудах в окрестностях Харькова советский биолог А.Б.Коршиков изучал микроскопические колониальные зеленые водоросли семейства вольвоксовых. Было бы неправильно сказать, что до него ими никто не интересовался. Но его зарисовки были настолько детальными, что до сих пор кочуют буквально по всем соответствующим отечественным учебникам, каталогам и монографиям. По-видимому, именно благодаря ему удалось выяснить о видах *Pandorina morum*, *Volvox aureus*, *V.polychlamys* и *V.globator* следующее любопытное обстоятельство.

Они образуют колонии клеток в виде однослойных сфер диаметром от долей до нескольких миллиметров. При этом клетки так плотно скреплены плазмодесмами, тянущимися от ядра к ядру, что колонии при ближайшем рассмотрении оказываются полиэдрами. Теоретический расчет последних я провел лишь для колоний *P.morum*, образованных 16 клетками. Для них возможны всего три комбинаторно различные формы, две из которых — фуллерены. Один из фуллеренов не имеет плоскости симметрии и потому обладает энантиоморфным (зеркально-симметричным) двойником (рис.3). Аналогичный расчет для других колоний с числом клеток от 100 до 20 000 сталкивается с вычислительными труднос-

тями, не преодолимыми за разумное время. Формотворчество природы поистине превосходит человеческие возможности!

Человек, как известно, уже превратился в геологическую силу, большей частью разрушающую. И с помощью тех же водорослей мы пытаемся определить степень нашего воздействия на природу. Идея проста. Начиная с некоторого предела, морфологические особенности организма становятся чувствительными к отравлению среды обитания. Этот рубеж мы и надеемся установить для *P.morum*, анализируя частотный спектр их морфологических разновидностей при разных типах и интенсивностях загрязнений. Если это удастся, то мы получим новый индикатор экологического стресса. Параллельно попробуем определить биологическое разнообразие вольвоксовых. Заметим, что они широко распространены в южных и средних широтах нашей страны, а встречаются вплоть до Арктики. Это усиливает наш интерес к их возможной биоиндикаторной роли в районах интенсивной горнодобывающей, металлургической и сельскохозяйственной деятельности.

Самостоятельное значение имеет анализ распространенности в природе и биоиндикаторной роли энантиоморфов. Читателю наверняка известно, что в неорганическом мире такие двойники встречаются одинаково часто, а в мире органическом их распределение резко асимметрично. Например, закрученность всех молекул ДНК и почти всех раковин

улиток в одну сторону. Эта проблема тесно связана с нашими представлениями о происхождении самой жизни. В разное время к ней обращались Л.Пастер, П.Кюри, В.И.Вернадский. Энантиоморфы *P.morum* — еще один удобный объект для исследования.

Фуллерены

А теперь перенесемся в совсем другую область — архитектуру. И вы уже догадались, там, где речь идет о гармонии, не обойтись без фуллеренов. Верно. Как, не прибегая к опорам, надежно и эстетично защитить крышей большие пространства? Например, футбольный стадион или выставочный зал. Этот вопрос волновал многих архитекторов. В 60—70-х годах прошлого века американца Р.Фуллера осенила идея строить полусферические купола с минимумом балок, обеспечивающих прочность конструкции. Как вы думаете, что получилось в результате многочисленных инженерных расчетов? Половинка огромного футбольного мяча, если представить его швы и кожаные лоскутки в виде балок и дырок. Сам же футбольный мяч есть все тот же фуллерен. Именно такой павильон выстроил Фуллер для Всемирной выставки ЭКСПО-67 в Монреале. Кстати, он любил спрашивать у своих коллег: «Сколько весит ваша конструкция?» Не правда ли, очень похоже на высказанную ранее мысль Мордухай-Болтовского об экономии материала в природных фуллеренах?

Теперь предлагаю заглянуть в астрофизику. В начале 80-х годов прошлого века американец Г.Крото изучал методами микроволновой спектроскопии состав газа в атмосферах звезд и межзвездных облаках. В атмосфере звезд-гигантов он обнаружил цепочечные молекулы, образованные атомами углерода и азота. В это же время англичане Р.Смолли и Р.Керл проводили исследования в кластерной химии с помощью аппарата, позволявшего превращать в плазму практически любое

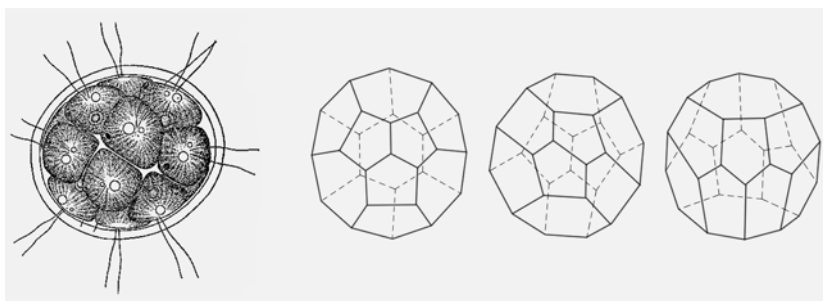


Рис.3. Прорисовка реальной колонии *Pandorina morum* (слева, по А.Б.Коршикову), и ее полиэдрическая интерпретация.

вещество. Счастливый случай свел их вместе. В 1985 г. был выполнен модельный эксперимент по лазерному испарению графита с его последующим охлаждением в сверхзвуковой струе гелия. Масс-спектрометрический анализ показал, что в продуктах преобладали кластеры с четным от 30 до 100 числом атомов, причем в подавляющем большинстве — C_{60} и C_{70} .

Их структурный анализ составил самостоятельную проблему. Удалось установить, что полученный порошок растворяется в бензоле. И в согласии с известным химическим принципом — «похожее растворяется в похожем» — было решено, что в структуре кластеров принимают участие типичные для бензола 6-членные кольца. Но свойства порошка не походили на свойства известных кристаллических модификаций углерода: графита, алмаза и карбина. Родилась блестящая идея. А что, если замкнуть на себя плоскую графитовую сетку, составленную из 6-членных колец. При этом на полиэдре неизбежно возникли 5-членные кольца. Дальнейшие расчеты продемонстрировали, что физической стабильности подобных молекул способствуют как можно более высокая симметрия и как можно меньшее число контактов 5-членных колец. Такими простейшими формами, обладающими к тому же высокой симметрией, в полном согласии с экспериментом оказались полиэдры C_{60} и C_{70} , которые выглядят как футбольный мяч! В честь Фуллера полиэдрические молекулы указанного типа назвали фуллеренами.

Заметим, что стабильность молекулы C_{60} была предсказана японцем И.Осавой еще в 1970 г. Наши химики Д.А.Бочвар и Е.Г.Гальперн в 1973 г. подтвердили эту догадку необходимыми расчетами. Но экспериментаторы не проявили интереса к этим теоретическим работам. В результате Нобелевская премия по химии за экспериментальный синтез и расшифровку структуры фуллеренов была присуждена в 1996 г. Керлу, Крото и Смолли. В чем же значение открытия? Не в последнюю

очередь в том, что фуллерены представляют собой новую стабильную форму углерода. А ведь сама наша жизнь так тесно с ним связана! Вскоре фуллерены нашли и в природе: фульгуритах (породах, расплавленных при ударе молнии) Колорадо и шунгитах (высокоуглеродистых породах спорного, скорее всего магматического и метаморфического генезиса) Северной Карелии. Но главное значение открытия, конечно, состоит в огромных перспективах, связанных с получением на основе фуллеренов множества современных материалов.

Судите сами. Установлено, что фуллерены могут присоединять другие элементы и комплексы внутри и снаружи полиэдра, а также на место отдельных атомов углерода. Получаемые классы соединений — эндоэдры, экзоэдры и металлокарбонаты — обладают уникальными свойствами. Эндоэдры рассматриваются как потенциальные коллекторы других элементов. Это могут быть вредные элементы, и мы получим экологически надежные хранилища нового поколения для токсичных и радиоактивных отходов. Это могут быть полезные элементы, и мы получим медицинские препараты нового типа. Экзоэдры уже находят практическое применение. Опыты по их гидрогенизации позволили японцам создать экологически безвредные аккумуляторные батареи, при тех же габаритах запасаящие в пять раз больше водорода, чем существующие металлургические никелевые.

Кристаллы, созданные на основе фуллерена C_{60} с введением атомов щелочных металлов, обладают сверхпроводимостью при рекордно высоких температурах — 19—33 К. Из высших фуллеренов получают трубки с наноразмерными отверстиями. В эксперименте они охотно всасывали расплавленный свинец, образуя проволоку с естественным углеродным покрытием. Плотно прилегая друг к другу, такие трубки образуют многожильные кабели. Это материал даже не для микро-, а для наноэлектроники будущего. А еще растворы фул-

леренов обладают нелинейными оптическими свойствами, что позволяет строить оптические затворы, предохраняющие от вредного излучения. А еще на основе фуллеренов создаются как сверхнизко-, так и сверхвысокотемпературные смазочные материалы и всевозможные полимеры с уникальными свойствами. А превращение фуллеренов в алмаз происходит при гораздо более мягких условиях экспериментального синтеза, чем превращение графита. И еще много-много других применений, составляющих так называемые высокие технологии, которые завтра станут обыденными.

Сегодня нам еще удается удерживать приоритет в теоретическом изучении комбинаторного разнообразия фуллеренов. Передо мной на экране компьютера генерируются, сравниваются, сортируются и характеризуются различными параметрами все более сложные фуллерены. Нами успешно ведется компьютерный поиск и исследование параметров наиболее симметричных, в особенности икосаэдрических, фуллеренов без контактирующих 5-угольных граней. Именно эти формы интересуют сейчас специалистов по синтезу, поскольку, как мы упоминали, они потенциально стабильны (рис.4). Изучено полное комбинаторное многообразие фуллеренов вплоть до C_{100} , а икосаэдрических (с симметрией $\bar{3}5m$ и 235) — для любого числа образующих атомов. Результаты опубликованы в международных научных журналах. Как вы думаете, кто откликнулся первым и хотел бы тут же недорого купить компьютерные технологии? Китайские химики и турецкие биохимики. С сожалением приходится констатировать нерасторопность представителей отечественной промышленности.

Немного о природе вещей

Симметрия ассоциируется у любого человека с такими категориями, как соразмерность, пропорциональность, устойчивость,

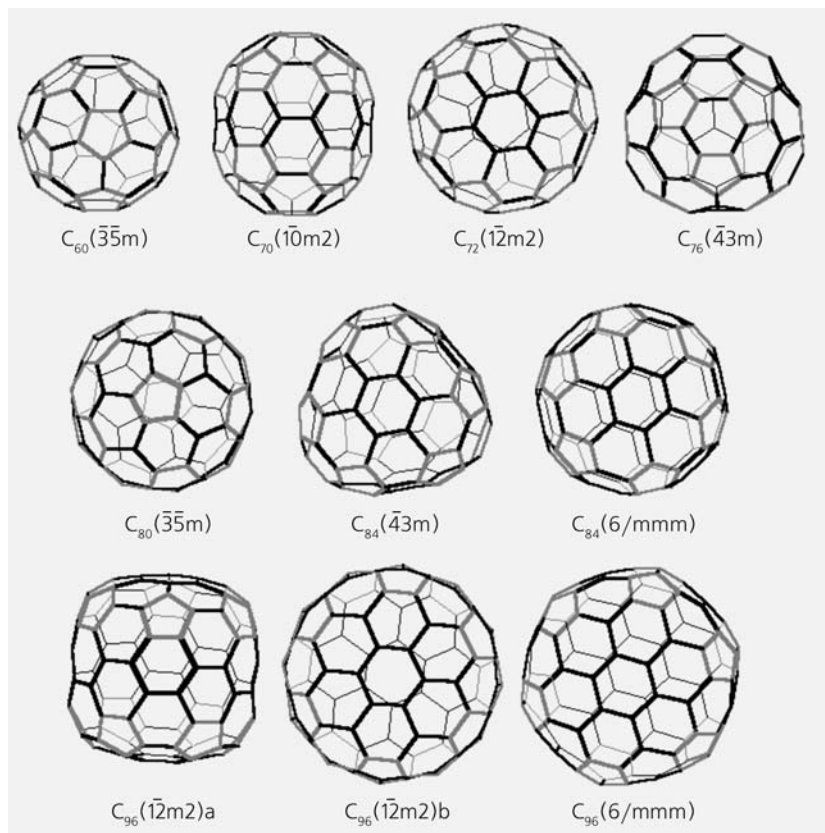


Рис.4. Потенциально стабильные фуллерены диапазона $C_{60} - C_{100}$.

стабильность, гармония, надежность, предсказуемость, покой. Не потому ли для большинства из нас симметрия так притягательна? В этом смысле асимметрия — ее полная противоположность. Она волнует и беспокоит. Опираясь на данные естественных наук, можно сказать, что симметричные конфигурации структурных элементов на разных уровнях строения материи обычно более стабильны, чем асимметричные. Так, низкосимметричные минералы образуются, как правило, на заключительных стадиях геологического процесса и устойчивы в очень узком диапазоне условий. Иначе говоря, стабильные конфигурации — лишь временные, редкие остановки на пути вечного движения материи. Временная относительная устойчивость на фоне глобальной неустойчивости — вот правда о нашем мире. В част-

ности, она проявляется и в довлеющем преобладании комбинаторно асимметричных полиэдров над симметричными. И, заметим попутно, наряду с теорией симметрии пришло время строить теорию асимметрии, определив ее позитивно и не рассматривая лишь как недосимметрию.

Недавно я провел эксперимент над высокообразованными коллегами, попросив назвать все известные им полиэдры. Выяснилось, что никто не назвал ни одной комбинаторно асимметричной формы. Иначе говоря, никто не знал нормы окружающего мира! Феномен объясняется просто. В раннем детстве мы играем кубиками и пирамидками. Наверное, это благоприятно действует на психику, ведь неустойчивая конструкция заставляет ребенка плакать. Но в школе, а затем и в университете, восхищаясь телами

Платона, Архимеда, Каталани, Залгаллера, мы так и не выходим за пределы детского очарования симметричными формами. По-видимому, уже здесь на уровне подсознания формируется и незаметно транслируется во все сферы психики ошибочное представление о том, что устойчивость и предсказуемость есть норма бытия всего сущего в этом мире. Теоретическая физика давно рассталась с лапласовским детерминизмом. Но мы все еще болезненно реагируем на встречающиеся на жизненном пути неустойчивости. Мне кажется, здесь есть о чем задуматься.

И все же, если нам удастся зафиксировать стабильную форму, то она, скорее всего, симметрична. Ярчайший пример — фуллерены. Знакомство с ними захватывает сразу. Здесь все поражает. И строгая красота, и целесообразность, опробованная природой и обществом в столь различных ипостасях: углеродистые фуллерены, скелеты радиоларий, колонии зеленых водорослей, мячи для футбола и регби, купола выставочных залов и многое другое. Предпосылкой этого служит бесконечное комбинаторное многообразие фуллеренов, заданное поразительно простыми исходными условиями. Природе и человеку есть из чего выбирать. Оптимальность конструкции будет достигнута при любом смещении параметров среды и социального заказа. При современной специализации науки за множеством единичных фактов мы подчас забываем о природе вещей, пока вдруг не наталкиваемся на феномен удивительный, подобный фуллеренам, сквозь который настойчиво просвечивают единство и красота мира. Согласитесь, ведь мы забыли, что изначально «космос» значил «красота», и повседневно довольствуемся косметикой, т.е. украшательством. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проекты 94-05-16070 и 96-05-64203.

Сейсмические мотивы в «Калевале» и реальные землетрясения в Карелии

А.А.Никонов

Поэтический карело-финский эпос «Калевала» представляет интерес для сейсмолога уже потому, что слагающие его песни (руны) родились и долгое время бытовали в тех частях Карелии, которые в последние столетия проявили большую сейсмическую активность, чем другие. Поэтому априори можно было ожидать, что если землетрясения в этой в общем-то спокойной и небогатой природными экстремумами стране случались в древности, они не могли не запечатлеться в народном сознании и творчестве. Любые сведения такого рода чрезвычайно полезны. Опыт использования гуманитарных знаний для сейсмораионирования у автора уже был и дал неплохие результаты [1].

Составленный финским врачом, поэтом и фольклористом Э.Лённротом сборник «Калевала» вышел в свет в 1835 г. под названием «Калевала, или Старые руны Карелии о древних временах финского народа» и включал 32 песни. Путешествуя по Северной Карелии и Беломорью, составитель записывал тексты в деревнях у народных сказителей. Лённрот считается не только собирателем и обработчиком рун, но одним из создателей финского литературного



Андрей Алексеевич Никонов, доктор геолого-минералогических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН. Область научных интересов — сейсмотектоника, палеосейсмичность, природные опасности. Постоянный автор «Природы».

языка. В 1849 г. он выпустил сборник уже из 50 песен, который и стал каноническим текстом «Калевалы». Им мы и воспользуемся [2].

Исследователи считают «Калевалу» памятником дохристианской, т.е. дописьменной истории народа. Еще одно значимое положение исследователей эпоса — автохтонность поэтических текстов. Другими словами, руны возникли именно в тех местах, где были записаны в свое время Лённротом, а значит, экстремальные события, которые мы будем рассматривать, происходили там же. Об этом свидетельствуют и характерные природные и бытовые детали в соответствующих эпизодах повествования, да и само карельское слово «калевала» — скала. Рас-

смотрим последовательно фрагменты сказания, где говорится о сотрясениях земли. Их как минимум три.

Первый неоднократно приводился ранее в литературе по сейсмологии. Впервые на него обратили внимание сотрудники Института геологии Карелии Г.Ц.Лак и А.Д.Лукашов, сообщившие об этом Н.И. Николаеву, который и опубликовал отрывок [3].

«Начал мудрый Вяйнямёйнен.
Всколыхнулись озера,
Горы медные дрожали,
Камни твердые трещали,
Со скалы скала свалилась,
Раздроблялися утесы».

(Руна 3, 295—300).

События происходили, когда один из главных героев эпоса,



Северная Карелия и Беломорье на фрагменте карты Северной Европы первой половины XVII в.

старый Вяйнямейнен, известный красотой и могуществом пения и игры на кантеле, запел свою героическую песнь в состязании с заносчивым лапландцем. Не требуется никаких специальных знаний, чтобы признать в этом тексте описание сильного землетрясения.

Обратим внимание, речь идет о горах, озерах, скалах, утесах во множественном числе, что можно рассматривать, во-первых, как событие, состоявшееся в местности гористой, скалистой и озерной и, во-вторых, как явление не локальное, а возникшее на достаточно обширной территории.

К тому же действие было относительно продолжительным, вероятно с разными типами движений: колебательными, сотрясательными (внутриземными), а также гравитационными (поверхностными). Используя выдержки из текста, можно по-

пытаться, с некоторой долей условности, по каждому из приведенных признаков оценить интенсивность сотрясений.

- «Всколыхнулись озера» — $\geq 4-5$ баллов,
- «горы медные дрожали» — ≥ 5 баллов,
- «камни трещали» — ≥ 6 баллов,
- «скала свалилась» — $\geq 5-6$ баллов,
- «раздроблялися утесы» — $\geq 7-8$ баллов.

В разных частях обширной территории воздействие землетрясения могло быть неодинаковым, а при его длительности (с афтершоками?) в разные фазы могли возникать неодинаковые признаки интенсивности из числа приведенных.

Три последних говорят в пользу крупного землетрясения, силу которого вполне можно принять в 7–8 баллов (в эпи-

центре). Такое необычное и редкое для этих мест событие не могло не произвести на лесное население глубокого впечатления и не сохраниться в народной памяти. Не вызывает особых затруднений локализация отраженных в приведенном отрывке явлений. Речь идет о Северной Карелии. По дневникам самого Лённрота легко устанавливается, где он записал больше всего рун. Это деревни Ладвозеро, Вокнаволок и Войница в Северо-Западной Карелии вблизи оз.Верхнее Куйто; Калевальский (бывший Ухтинский) р-н Карельской республики, который находится на широте $65-66^{\circ}$ с.ш. и граничит на западе с Суомисальминским и Куусамоским р-нами Финляндии. Здесь помещалась область Вяйнёла (с несколькими селами, не менее шести), с полянами, дубравами (?), полями. С этим районом чаще всего в эпосе связывают имя па-

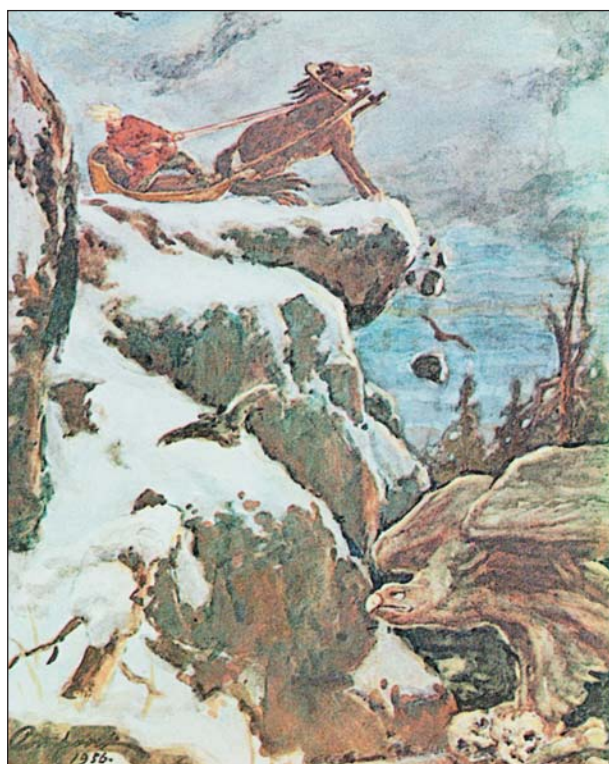
Из иллюстраций к «Калевале» разных лет



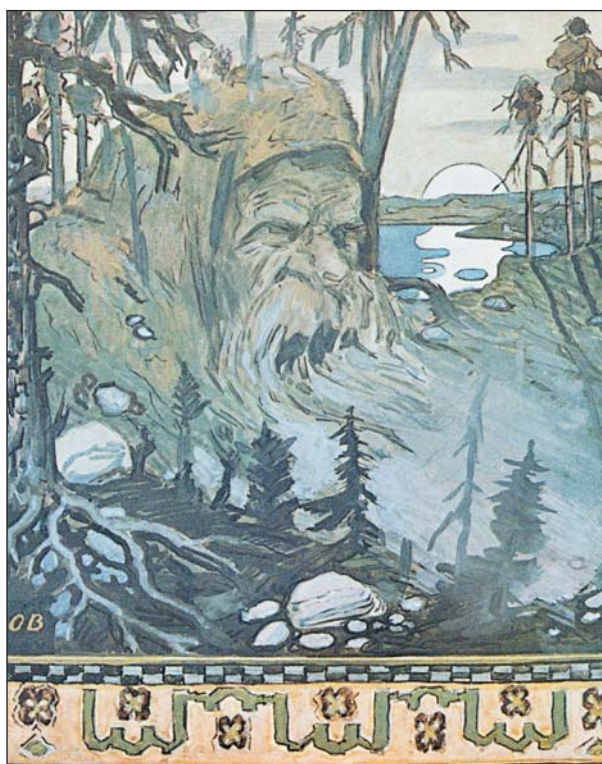
Концовка к руне 49. Худ. М.М.Мечев



Вяйнямйёнен играет на кантеле. Худ. Н.М.Кочергин



Лемминкяйнен едет в Похьёлу. Худ. Г.А.Стронк



Випунен. Худ. О.П.Бородкин.

харя Вяйнямёйнена, где песнопевец «жизнь прожил по краям родного поля» и запел свою могучую песню. Именно в Северной Карелии в Калевальском и Лоухском р-нах находим мы не только скалы, но и сочетание горных пространств и обширных озер.

Из текста руны 3 следует также, что эта область располагалась в трех днях пути (к югу) от Похьёлы, местности лапландцев у моря на севере Кольского п-ова. В этой песне также находим: «Вышла радуга над морем» (единичное упоминание моря), «ушел в болото», «в песок сыпучий». Возможно, впрочем, что это не конкретные, а собирательные, необходимые для сюжета и образности повествования описания.

Второй достойный внимания отрывок находим в руне 34, где речь идет о Куллерво, сыне Калерво.

«Он, играя, шел оттуда,
Веселясь от дома Ильмы,
По лесам трубил веселый,
Шел, играя, новой пашней,
Потрясал болота, земли,
И земля вся откликнулась
Сына Калервы веселью».

(Руна 34, 11—18).

Здесь никаких конкретных признаков землетрясения не приводится, и «потрясение болот и земель» можно считать просто поэтическим образом.

В отличие от приведенного, в руне 44 землетрясение носит вполне индивидуальные черты:

«Заиграл сильнее старец,
Струны кантеле ликуют,
Скачут горы, рвутся камни,
Скалы все загрохотали,
Рифы треснули морские,
Хрящ на волнах закачался,
Сосны с радости плясали,
Пни скакали на полянах.
И все Калевалы жены
Тут работу побросали»

(257—267).

В этом случае географические приметы моря и прямые на него указания неоднократны и конкретны настолько, что на-

до принять происходящее вблизи моря:

«Разные морские рыбы
К берегу плывут поближе»

(299).

«Он в своем играл жилище,
В собственном сосновом доме.
И звучала кровля дома.
И дрожал весь пол жилища.
Потолок пел, пели двери.
Восклицали все окошки.
Каменная печь качалась.
Притолоки все звучали»

(315).

«Чтоб сгробал я волны в кучу,
Чтоб тростник собрал я вместе
По всему побережью моря
И нашел утеху в море»

(22).

«Тотчас лодка вышла в море.
И пошел он чистить море,
Подметать его теченье»

(54).

Поскольку известно, что Лённрот собирал сказания и в русском Беломорье [4], подобное заключение не должно вызывать сомнений.

Это не означает, что в руне 44 зафиксировано некое конкретное сейсмическое событие. Но признаки землетрясения, хоть и образны, столь конкретны и узнаваемы, что приходится считать их отражением реальных событий. Не случайно же «рвутся камни», «скалы все загрохотали», «пни скакали», «дрожал весь пол жилища», «каменная печь качалась», «притолоки все звучали» (читай: скрипели). Здесь все, что обычно и наблюдается при землетрясениях во внутренних помещениях жилых построек и на природных объектах. Соотнеся указанные признаки с существующей сейсмической шкалой (с учетом того, что речь идет о деревянных, бревенчатых жилищах), мы вправе говорить об эффекте 6—7-балльного землетрясения.

Более сильным событие, по видимому, быть не могло, иначе речь шла бы о серьезных повреждениях, непонятна была бы

веселая игра Вяйнямёйнена на кантеле и общее радостное изложение эпизода. Скорее всего, здесь отражено сейсмическое событие силой примерно 7 баллов в западной части Беломорья (во внутренней части Кандалакшского залива).

Наконец, последний отрывок находим в руне 50, в которой девочка-служанка Пилти

«Побежала скорым шагом,
Прямо к Руотгусу помчалась.
Затряслись от бега горы,
И качались тут пригорки,
Шишки по пескам скакали,
Камни скачут по болоту»

(229).

В этом эпизоде признаки подземных толчков вполне определены и выразительны. Но трясущиеся горы и скачущие шишки и камни в других рунах не встречаются. Скорее всего, здесь идет речь о конкретном наблюдении отдельного землетрясения преимущественно с вертикальными колебаниями, интенсивность которого, вероятно, около 7 баллов.

Вообще из текстов «Калевалы» следует, что местное население издавна наблюдало (возможно, в процессе их формирования) «расколотые камни и расклеванные скалы» (в руне 5 Ильмаринен хочет их склеить), «трещину в утесе, в камне узкую полоску» (ее видел Вяйнямёйнен в руне 49). Не случайно и сами герои эпоса могли «горы твердые разрезать, расколоть на части скалы» (руна 39), разрубить их пополам (руна 23).

Очертив вероятные области возникновения (наибольшего проявления) и силу землетрясений, попробуем оценить возможное время их возникновения, без этого использование фольклорных сведений в сейсмологии малоэффективно.

Известно, что Лённрот записывал руны в первой половине XIX в., между тем как сами они были в ходу уже в середине XVIII в., письменные же известия о рунах восходят к первой половине XVI в. [4].

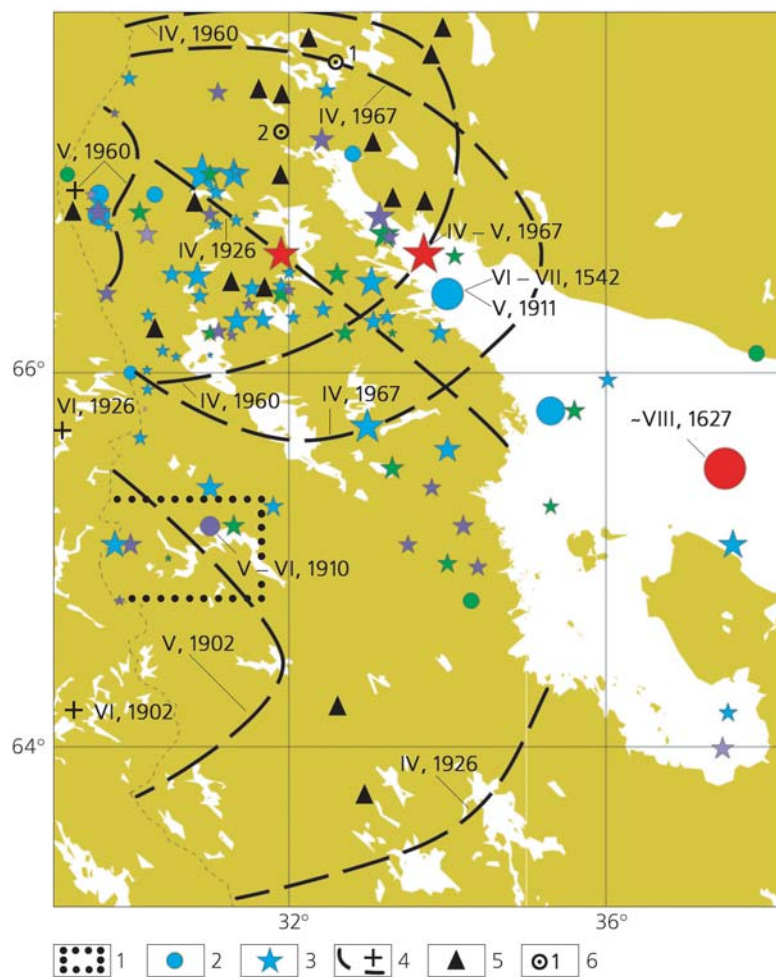
Специалисты считают, что в рунах «Калевалы» совмещены разные временные пласты, находя даже черты родового общества, причем матриархата. В ряде рун, повествующих о пахаре-певце Вьяйнямёйнене и особенно о пахаре-кузнеце Ильмаринене, говорится о знакомстве героев не только с медью, но и с железом, с болотными залежами железа, что могло происходить во 2-м тысячелетии до н.э.

Не только в области Калевала, но и в Похьёле туманной (Лапландия) помнят, что «камни — первая посуда», «сосны — первые жилища», и знают, что «стала ржавчина железом, на утесах медь родится» Железный век на юге Карелии относят к 1500—500 гг. до н.э. На севере, в Лапландии, он, скорее всего, должен был продолжаться и позднее. Между прочим, руны, в которых действует кузнец Ильмаринен, исследователи относят к более позднему времени, чем те, где действует в основном Вьяйнямёйнен. Самыми поздними считаются песни о Куллерво.

Верхний возрастной предел создания «Калевалы» по указываемым в разных рунах бытовым признакам определяется временем христианизации населения. Как известно, на юге Карелии она началась в XIII в. (1227 г.). В Беломорье распространилась не раньше первой половины XVI в., а в глубине Северной Карелии позже [4].

Еще один способ определения возможного времени создания рун — сопоставление с современными знаниями палеоботанического характера. В разных частях произведения неоднократно упоминаются дуб и даже дубравы (в Вьяйнёле). В Северной Карелии эти деревья могли произрастать только в период потепления — климатического оптимума, т.е. не позже 4—3,5 тыс. лет назад.

Другой указатель возраста — занятие земледелием. Герои «Калевалы» — не только рыбаки, охотники, но и пахари, причем не в первом поколении, ибо



Землетрясения в Северной Карелии по различным данным.

1 — область, где в основном записаны руны Калевалы; эпицентры землетрясений: 2 — по историческим данным, 3 — по инструментальным, размер значка пропорционален магнитуде; 4 — эпицентры и изосейсты сильных землетрясений XX в. (римскими цифрами показана интенсивность в баллах, арабскими — годы возникновения землетрясений, цветом — глубина очага землетрясения: красный — >20 км, синий — 5—20 км, зеленый — <5 км, фиолетовый — глубина не определена); 5 — участки выявленных крупных сейсмодформаций (по данным Д.С.Зыкова [9]); 6 — местоположение Кольской АЭС (1), каскада Нивских ГЭС (2).

им знакомы и недороды. Когда распространилось земледелие в Северной Карелии, мы до сих пор не знаем. Но в дневниках Лённрота имеется указание на северный предел его ареала у 66°с.ш., на южном берегу Кандалакшского залива (в 1841 г.). Недавно стало известно, что в Северо-Ладожском районе, например, пахать начали в 600—1000 гг., т.е. 1500—1000 лет назад,

а на юге финской Карелии не позже XV в. [5]. В Северной же Карелии земледелие могло распространиться 800—400 лет назад. Отметим также, что Г.Агрикола (XVI в.) называет Ильмаринена и Вьяйнямёйнена «финскими богами», но ко времени создания (или расцвета) «Калевалы» от их божественной природы мало что осталось, оба они (в разной мере) превратились в героев.



Аэрофотоснимок юго-западного берега Кандалакшского залива. Отчетливо видна серия поперечных, в том числе свежих, разрывов (северо-восточного простираия), с оживлением которых, по-видимому, связан ряд значительных землетрясений района, в том числе 1967 г.

Более поздние изменения и дополнения в руны могли вноситься и в XV—XVII вв. В тот период, вероятно, возникали сейсмические события, отраженные в рунах 3, 44 и 50. Два из них, относящиеся к Беломорью, по конкретным признакам могут быть более поздними, чем первое — Северо-Карельское.

Теперь зададимся еще одним вопросом: нельзя ли соотнести выделяемые в тексте «Калевалы» сейсмические события с какими-либо из известных по письменным источникам землетрясений на севере Фенноскандии? Довольно долго считали, что в «Карелии нет точно зафиксированных свидетельств проявления сильных землетрясений» [3. С.22]. Ныне они известны, самое раннее датируется 1542 г., еще одно, более крупное, произошло в XVII в. в Восточном Беломорье. Согласно недавно обработанному летописным сведениям [7], оно разразилось под дном Белого моря, проявилось по его берегам на обширной

территории и ощущалось даже в поселении (остроге) Кола. Интенсивность в эпицентре оценивается в 8 баллов, на берегах Кандалакшского залива — не менее 5 баллов. Исходя из оценок силы сотрясений, вряд ли есть основания соотносить землетрясение с отраженным в руне 44 Беломорским событием (около 7 баллов в Западном Беломорье). Что касается сотрясений, отраженных в руне 50, — сопоставление возможно.

Землетрясение 1542 г., также известное по летописи, достаточно определенно локализуется в срединной части Кандалакшского залива [7]. На южном берегу у Полярного круга сотрясения достигали 5—6 баллов. Это событие скорее всего и отражено в руне 44 «Калевалы», совпадают сила, локализация и время проявления.

Остается проанализировать возможности датирования события в наиболее известном отрывке «Калевалы» (в руне 3), относящемся к одноименному

району современной Карельской республики и более западным территориям. Здесь мы можем использовать лишь косвенные указания. Вяйнямёйнен у себя в Вяйнёле — пахарь, давно знакомый с земледелием, т.е. живет, по-видимому, в период между 1000 и 600 лет назад. Этому не противоречит и такая примета христианизации лапландцев, как крестик на груди девушки Айно, к которой сватается Вяйнямёйнен (руна 4). Вспомним, что православие начало проникать на Мурманский берег в XIII в., а в середине XVI в. преподобный Трифон основал обитель в низовьях р.Паз. В Коле в XVI в. был заложен монастырь [5]. Никакими письменными сведениями о землетрясениях в Лапландии и тем более в Северной (континентальной) Карелии раньше XVIII в. мы не располагаем. Однако в церковной хронике Соловецкого монастыря приводится сообщение о резком подъеме морских вод у западных берегов архипелага в 1635 г. на целых 3 м (без какого-либо атмосферного возмущения). Это цунами нужно соотносить с очень сильным землетрясением (порядка 8 баллов) где-то на прилежащем с запада материке. Калевальский р-н располагается как раз западнее Соловков. Заметим также, что оба события — «всколыхнулись озера» в Северной Карелии и повысилась уровень морских вод у Соловков — произошли коротким северным летом. Совпадение едва ли случайное, поэтому остановимся на этом варианте.

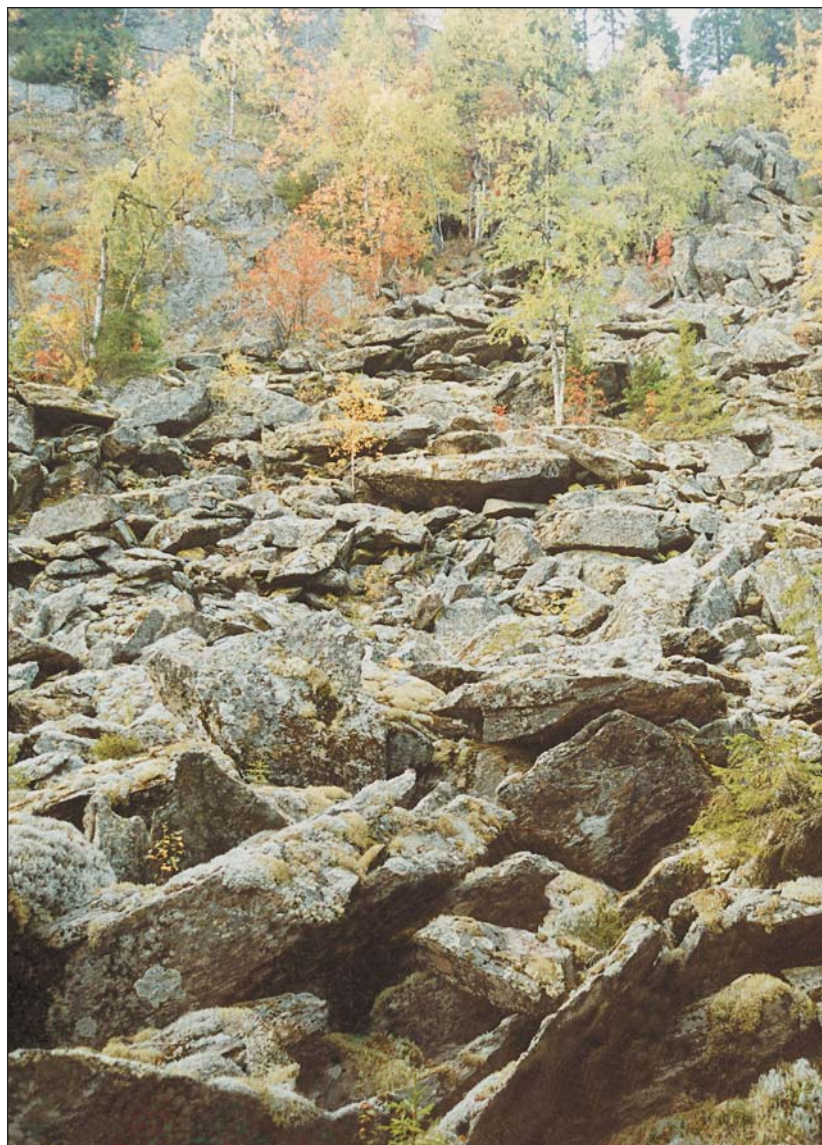
Чем же известна в сейсмическом отношении область Калевала в последние столетия, когда пропуски значительных событий в письменных источниках допустить трудно?

Фактически речь идет в данном случае об областях Суомусальми и Куусамо, принадлежащих соседней Финляндии. Наиболее сильное землетрясение (из известных здесь) произошло в 1926 г. В эпицентре его сила составила 6 баллов, а ощутимые

сотрясения достигли берегов Кандалакшского залива [8]. Более сильные сейсмические события в упомянутых областях по письменным источникам нам не известны. Между тем, рассматриваемый в «Калевале» эпизод наводит на мысль, что здесь в период от 1 до 0.5 тыс. лет назад происходили землетрясения интенсивностью порядка 8 баллов. О том же, кстати, говорят и крупные сейсмодетекции в этой и соседних к северу районах Карелии в виде мощных скальных обвалов, эскарпов, рвов и свежих трещин [9].

Таким образом, к сейсмически опасным в современном аспекте можно отнести не только зону Кандалакшского грабена, но и область Куусамо и соседнюю, российскую, часть Северной Карелии. Как раз в этих местах собирались в 80-х годах разместить очередную атомную станцию. А действие Кольской АЭС недавно пролонгировали. Даже на недавно введенной в действие Карте общего сейсмического районирования (ОСР—97) для Северной Карелии допускаются сотрясения не выше 6 баллов за 5000 лет. Народная память, признаем, источник более надежный. Похоже, настало время опять пересмотреть оценки сейсмической опасности, теперь — для Северной Карелии. ■

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований. Проект 00-05-64274.



Крупный скальный обвал в национальном парке Панаярви в Северо-Западной Карелии у границы с Финляндией. Весьма вероятно, обвал был сейсмогравитационным и порожден сильным средневековым землетрясением.

Фото Ю.И.Сыстра

Литература

1. Никонов А.А. Землетрясение в сказаниях и легендах // Природа. 1983. №11. С.66—75.
2. Калевала. Карело-финский народный эпос / Пер. Л.Бельского. Петрозаводск, 1956.
3. Николаев Н.И. // Изв. АН СССР. Сер. географ. 1967. №2. С.13—27.
4. Путешествия Элиаса Лённрота. Петрозаводск, 1985.
5. Географический словарь Кольского полуострова. Т.1. Л., 1939.
6. Vuorela I. The Beginning of Agricultural Land Use in Finland: an Assessment Based on Palynological Data / РАСТ. 57. 1999. P.338—351.
7. Глубинное строение и сейсмичность Карельского региона и его обрамления. Петрозаводск, 2004.
8. Никонов А.А. Макросейсмическая характеристика землетрясений XX века в восточной части Балтийского щита // Белорусский сейсмологический бюллетень. Вып.2. Минск, 1992. С.96—148.
9. Зыков Д.С. Новейшая геодинамика Северо-Карельской зоны. М., 2001.

Трудная жизнь пернатых многоженцев

В.А.Паевский

У всего живого на Земле, в том числе и птиц, независимо от типа размножения цель одна — оставить после себя потомство, желательно здоровое и многочисленное, а пути к тому природа предлагает самые разные. В предыдущем номере обсуждались различные проявления у птиц моногамии (единобрачия), промискуитета (свободные половые связи) и полигамии (многобрачие), которая разделяется на полигонию (многоженство) и полиандрию (многомужие). Но существует в пернатом мире и особый тип отношений — кооперативный, позволяющий вырастить здоровое потомство.

Колониальное и кооперативное размножение

Колониально жить могут птицы разных видов: цапли, альбатросы, чистики, чайки, грачи и даже некоторые мелкие певчие птицы. Это позволяет им размножаться в самых удобных местах и совместными усилиями спасаться от хищников в период размножения. Однако публичность семейной жизни в колонии, видимо, провоцирует

у птиц многих видов промискуитетное поведение [1]. Инициатором становится самец; стоит законному супругу отлучиться, как сосед по гнезду принуждает к спариванию чужую самку. Копуляция происходит в ускоренном темпе, без обычных элементов доверительного поведения, предваряющих сближение супругов; при этом насильник зажимает клювом шею самки (чего не бывает при брачных спариваниях), хотя жертва обычно не сопротивляется. Орнитолог Д.Глэдстоун, наблюдавший за размножением большой белой цапли в колонии, заметил, что из семнадцати копуляций пять были внебрачными и насильственными. Отмечено нечто подобное и в колониях альбатросов, чаек, грачей, ласточек и т.д.

Колониальный образ жизни можно было бы назвать коммунальным, но этим словом в орнитологии обозначают другое явление, связанное с совместной заботой о потомстве одной группы птиц. Чаще такое поведение называют кооперативным гнездованием [2].

Кооперация в размножении иногда ограничивается помощью молодых неполовозрелых птиц в строительстве гнезда и выращивании потомства. В больших семейных группах в процесс размножения вовлечены все члены группы, между кото-

рыми четко распределены обязанности и которые к тому же свободно спариваются друг с другом. Такая кооперация чаще встречается у певчих воробьиных из более тридцати семейств, но свойственна и некоторым дятлам, стрижам и щуркам.

Голубая кустарниковая сойка — энергичная, ловкая и шумная птица с синим и каштановым цветом в оперении, обитающая в лесах п-ова Флорида. Гнездится сойка семейными группами, куда помимо супружеской пары входят помощники — старшие дети в возрасте от одного года до трех лет. Они выкармливают птенцов, пытаются накормить даже мать, что решительно пресекает отец. Его агрессия чаще направлена на старших сыновей. В наиболее благоприятные годы флоридским сойкам удается вырастить по два выводка за лето, при этом даже двухмесячные птенцы из первого выводка уже пытаются кормить своих младших братьев и сестер.

Существование помощников при кооперативном гнездовании ассоциируется с человеческим понятием альтруизма. В самом деле, во имя чего они так стараются и насколько важны они для популяции и вида в целом? Если неосознанная цель жизни любого организма — широкое распространение копий своих генов, то и для помощни-



Грач — птица стайная, гнездится колониями на опушках леса, в рощах и даже парках больших городов.

Фото В.В.Забугина



Колония моевки. Замечено, что эти птицы склонны образовывать семьи, в которых супруги — ровесники. С возрастом супружеские узы только крепнут, самые прочные связи у тех супругов, которые размножались вместе более пяти лет.

Фото А.В.Кречмара

ков, не имеющих собственных детей, видимо, столь же важно распространение «генов альтруизма». Другими словами, в эволюции кооперативного размножения главную роль может играть родственный отбор, который способствует быстрому закреплению удачных генотипов за счет продления совместного размножения одной пары. Таким образом в популяции увеличивается число птиц, несущих в себе механизм, способствующий дальнейшему процветанию популяции через усиление социальных адаптаций. Например, некоторые тасманийские камышницы размножаются отдельными парами, но большинство живет брачными трио из одной самки и двух самцов —

часто родных братьев, соответственно каждый из них приходится отцом примерно половине детей и дядей остальным.

Если на выращивание птенцов разного пола родители вместе с помощниками затрачивают примерно равные усилия, то в потомстве должно быть больше птенцов того пола, которые вырастут в активных помощников. Эту гипотезу «отдачи долгов» недавно развили австралийские орнитологи, изучавшие кооперативное размножение манорины-колокольчика (из семейства медососов). Живут манорины группами от шести до нескольких десятков членов; размножаются моногамно, но обязательно с помощниками. Хотя кладка состоит всего лишь

из двух—трех яиц, одно гнездо могут опекать более 20 помощников, в основном самцов из предыдущих выводков. Поскольку и в гнездах значительно больше птенцов мужского пола, исследователи предположили, что затраты на выращивание самцов ниже, чем на самок. Большое количество и высокая выживаемость самцов и нужно всей размножающейся группе для ее дальнейшего процветания.

Чем больше помощников, тем больше птенцов выживает. Такая стратегия характерна по преимуществу тропическим птицам, которые при низкой, по сравнению с птицами в северных широтах, плодовитости, стремятся без всяких потерь вырастить всех птенцов.

Преимущества полигамии

Разнообразие типов брачных отношений у птиц сложилось в процессе эволюции под влиянием разных условий жизни. Это и особенности существования в нестабильной природной среде, и разные конкурентные отношения в наиболее благоприятных местах по богатству кормовых угодий, и возможность прокормить многочисленное потомство одному из родителей.

Несмотря на огромный интерес ученых к проблеме и большое количество публикаций по социальным системам птиц, становление этих систем, в особенности причины чрезвычайного разнообразия сексуальных связей, все еще изучены недостаточно. Трудно из бесконечного числа фактических данных по отдельным видам и популяциям построить общие теоретические схемы. Раньше многие исследователи рассматривали тот или иной тип брачных связей как прямое отражение количественного соотношения самцов и самок. Позже было установлено, что многоженство и многомужие присущи и тем популяциям птиц, в которых самцов столько же, сколько и самок, а многоженство бывает и там, где больше самцов, а не самок, как следовало ожидать.

Большинство гипотез основывалось на том, что в эволюции брачных систем птиц первична моногамия, однако полигамия свойственна в основном более примитивным группам птиц. Следовательно, возможен и другой путь развития — от энергетически дорогостоящих немоногамных связей к наиболее выгодным территориально-моногамным [3]. Впрочем, выгоден или невыгоден тот или иной тип отношений с энергетических позиций, часто зависит только от состояния кормовых ресурсов в гнездовой период жизни птиц.

Пытаясь объяснить эволюцию полигинии и полиандрии, орнитологи нередко обсуждают

так называемую стоимость размножения — энергетические затраты самцов и самок в гнездовой период. Действительно, каким образом птицы находят золотую середину расходов энергии на себя и своих детей, чтоб и самим выжить, и потомство вырастить?

Считается, что у большинства видов птиц в период размножения гораздо больше энергии тратит самка, нежели самец. Помимо производства яиц она, если корма вдоволь, способна сама позаботиться о потомстве, самец тем временем, оставив первую супругу, обзаводится второй, а то и третьей. Так создаются предпосылки для многоженства. Если же количество пищи ограничено, самка, уже потратившая много сил на вынашивание и откладывание яиц, не сможет насиживать кладку и заниматься поисками еды для птенцов, иначе это отрицательно скажется на ее здоровье и, главное, — на способности размножаться в дальнейшем. Естественный отбор будет благоприятствовать тем самкам, которые, отложив яйца, покидают их, переключая все заботы на самца. Так возникает полиандрия [4]. Разумеется, самцы будут склонны к этой роли лишь в случае, когда их энергетические затраты при существующих ограничениях в пище будут сведены к разумному минимуму. Если количество корма из года в год колеблется, то лишь временами будут создаваться предпосылки для настоящей, т.е. одновременной полиандрии, где количество мужей у одной самки регулируется всем комплексом окружающих условий в период размножения.

И все же в происхождении разных форм полигамии важна не только экономика процесса размножения, но и гибкость поведения самки и самца. По мнению В.Р.Дольника, биологический смысл разных установок самца и самки основан на количестве половых клеток: у самца их сотни миллионов, их не жалко, а потому его задача — опло-

дотворить как можно больше самок, у самки же половых клеток мало, и ей важно выбрать для оплодотворения самых лучших самцов [5]. Учитывая, что у большинства птиц кладки яиц невелики, естественный отбор на увеличение общей плодовитости может проходить только за счет многобрачия в любой форме — от обязательной полигамии до внебрачного отцовства у моногамов.

Основание в теории брачных систем животных заложил еще Дарвин в книге по половому отбору. Некоторые проявления полового диморфизма (например, всякие экстравагантные брачные украшения) кажутся абсолютно бесполезными для выживания в существующих условиях, а иногда даже затрудняют повседневную жизнь. Однако именно на эти признаки ориентируется самка, выбирая себе достойного партнера. Под влиянием естественного отбора опознавательные признаки самцов и самок столь преобразились, что стали основным инструментом успешного размножения.

Эволюцию полигинии можно объяснить и с помощью моделей, основанных на важности выбора самкой самца, захватившего наилучшую по качеству гнездовую территорию. Если самка-одиночка сможет вырастить столько же птенцов на хорошей территории, сколько и на худшей, но вместе с самцом, то это становится основным стимулом к развитию многоженства. Однако выбор самки может быть основан не только на качестве территории, но и на индивидуальных свойствах самца. Так появилась гипотеза «сексуального сына»: если у весьма привлекательных, но не сумевших захватить лучшие территории самцов будут столь же сексуальные сыновья, то благодаря им плодовитость в следующих поколениях возрастет [6].

У разных видов певчих птиц обнаружена четкая связь между яркостью оперения самцов и степенью многоженства [7].



Мухоловка-пеструшка в заботах о потомстве. Самец (слева), едва обзаведясь супругой, бросает ее на некоторое время, чтобы занять вторую дуплянку, где будет жить его вторая семья.

Фото В.В. Забугина



Следовательно, супружеская измена и внебрачное отцовство — компоненты полового отбора, которые играют важную роль в эволюции вторичных половых признаков.

Измены и разводы

Когда у птиц, живущих отдельными семейными парами, супруг начинает настолько пылко проявлять внимание к одинокой соседке, что становится отцом ее детей, такой тип отношений биологи называют факультативной полигинией. Хотя термин «факультативный» означает возможный, необязательный, оказалось, что у очень многих моногамных видов небольшое число самцов обязательно становится многоженцами [8, 9].

Контрастный черно-белый весенний наряд самцов мухоловок-пеструшек, их характерное поведение с мгновенным взле-

том за пролетающим насекомым и возвращением на присаду, с обязательным «нервным» взмахом крыльев, хорошо знакомы натуралистам. По наблюдениям шведских орнитологов, самцы мухоловки-пеструшки, заняв одну из дуплянок и дождавшись самку, вскоре покидают ее на некоторое время, чтобы обзавестись еще одной семьей. Хотя так ведут себя многие самцы, успех сопутствует избранным, а две полноценные семьи, с птенцами в обоих гнездах, — удел единиц. Все двоеженцы проявляют больше внимания к первой семье — наряду с самкой выкармливают птенцов, и лишь кое-кто из них заботится о сторонних детях. На северо-западе Германии впервые для этого вида птиц наблюдали два случая одновременной тригинии, т.е. по три супруги у каждого самца. Самое удивительное, что любвеобильные папаша пытались заботиться о птенцах из всех трех гнездах!

У американского рисового трупяла — пестрой птицы, обитающей в высоких травяных зарослях — взрослые самцы, прилетая раньше молодых птиц и самок, захватывают лучшие участки на умеренно влажных лугах. Формирование обычных моногамных пар и полигамных семей происходит почти одновременно. Дня через три после вселения первой самки самец привлекает вторую, и ее появление на участке не вызывает никаких отрицательных эмоций у первой супруги. Обе они строят свои гнезда, откладывают яйца и выкармливают детей от одного отца. А где-то рядом, на менее удачных участках (пересохших или, наоборот, слишком залитых водой) почти треть прилетевших самцов не могут найти себе пару и остаются холостыми. Это типичное проявление так называемого буферного эффекта, когда плохие по качеству территории обитания птиц заселяются теми,



Попугай-неразлучники (слева) — самые верные супруги. Как и у многих попугаев, их союзы образуются на всю жизнь. Пеночки-веснички — полная им противоположность. Самцы этой маленькой и хрупкой на вид птички с нежной мелодичной песенкой нередко заводят одновременно несколько жен и помогают им выкармливать многочисленных детей.

Фото автора

кто при очень неблагоприятных погодных и кормовых условиях может просто погибнуть. Смысл явления — сохранить хотя бы часть популяции.

Шотландские орнитологи на протяжении нескольких лет исследовали популяции полевого луня и обыкновенного канюка и обнаружили, что самцы хищных птиц склонны к супружеской измене, иногда приводившей к образованию второй семьи. У канюка было лишь пять таких случаев, а у полевого луня каждый двенадцатый размножающийся самец оказался двоеженцем. У одного из них, который был хоть и в солидном возрасте, орнитологи насчитали семь жен. К сожалению, не удалось выяснить подробности жизни многоженца, а особенно — расписание его супружеских и отеческих обязанностей.

Супружеская верность у птиц, судя по новейшим исследованиям орнитологов, гораздо более редкое явление, чем измены. Помимо журавлей и отчасти лебедей, наиболее крепкие брачные союзы бывают у попугаев. У многих из них супружеские пары образуются на всю жизнь, но попугай-неразлучники в этом отношении самые известные. Самка и самец всегда вместе и очень нежны друг с другом; недаром немцы, французы и русские зовут птицу неразлучни-

ком, а с английского и латинского языков ее имя переводится как птица любви.

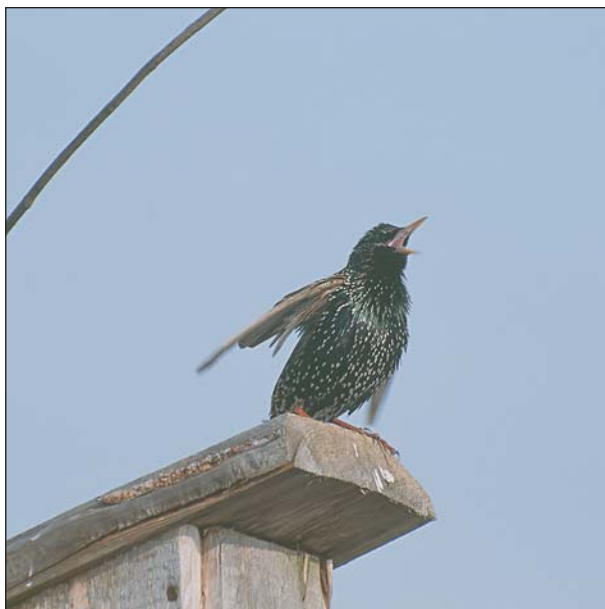
У других птиц далеко не всегда социальная моногамия сочетается с сексуальной. По данным генетического анализа, внебрачное отцовство выявлено у птиц 112 моногамных видов, относящихся к 30 семействам [10]. Внебрачные копуляции довольно обычны для мелких певчих птиц: у американских видов — древесной ласточки, саванной овсянки, американской горихвостки, желтой древесницы и у австралийских славков, а также европейских птиц — камышевой и обыкновенной овсянок. По наблюдениям некоторых орнитологов, самки многих птиц не только не уклоняются, а даже стремятся к внебрачной копуляции, но лишь с самцом, обладающим особыми, ярко выраженными мужскими качествами.

Крупные морские птицы, в отличие от других колониальных птиц, не склонны к внебрачным копуляциям, но прежде чем образовать стойкую супружескую пару часто меняют партнеров и многократно с ними спариваются. Иногда попытки таких добрачных копуляций насильственно прерываются третьей птицей. По наблюдениям орнитолога О.Олссона, в колонии королевского пингвина больше трети самцов и самок в начале сезона

размножения обзавелись временными партнерами и, по крайней мере, однажды его поменяли. Одна самка сменила пять любовников, и только шестой стал постоянным спутником жизни, которому она ни разу не изменила и вместе с ним заботилась о птенцах [11].

Биологический смысл столь разнужданного поведения птиц, согласно так называемой гипотезе оценки партнера (или гипотезе хороших генов), заключается в том, что самка, перебирая партнеров, стремится найти такого, с которым она могла бы вырастить наиболее здоровое потомство.

Супружеские измены в мире птиц отнюдь не повод к разводу. Брачные союзы распадаются по причинам сугубо утилитарным — перестает удовлетворять качество партнера для здорового и многочисленного потомства. Кроме того, состав семьи может смениться из-за большого уровня смертности. Выжившие же супруги часто вновь образуют брачную пару, даже если во время зимовки никак не были связаны друг с другом. Именно выживаемость определяет продолжительность участия каждой птицы в воспроизводстве популяции и всю стратегию размножения какого-либо вида птиц. Судя по результатам популяционных исследований, птицы из самых раз-



Наш обыкновенный скворец склонен как к вульгарному адюльтеру, так и сменам супруги в течение одного сезона размножения.

Фото В.В. Забугина



ных систематических групп (сизая чайка, северная качурка, полевой жаворонок, американский пересмешник и буревестники) ежегодно возвращаются для размножения в одно и то же место, при этом сохраняют верность не только месту гнездования, но и бывшему партнеру.

Буревестники большую часть жизни проводят в открытом море и лишь в гнездовой период связаны с берегом. Гнездятся они большими колониями в норах и разного рода пустотах и ежегодно возвращаются на свои острова, как и альбатросы. Поддержание стабильности супружеских пар естественным образом вытекает из привязанности к одним и тем же норам. У снежного буревестника, гнездящегося в Антарктиде, доля распавшихся пар составляет не более 17%. Некоторые буревестники формируют будущие брачные пары еще в молодом возрасте, и «помолвленные» птицы живут вместе не один год. Разводов

у них почти не бывает. Таков, например, средиземноморский буревестник: и верность месту, и степень поддержания постоянных супружеских пар у него почти стопроцентные.

Полная противоположность буревестникам — наши обыкновенные скворцы, у которых отмечены как случаи вульгарного адюльтера, так и смены супруги в течение одного сезона размножения. Специальные наблюдения за популяцией скворцов проводились в английском графстве Суррей. В течение лета из всех помеченных птиц треть самцов и четверть самок для повторного гнездования сменили скворечник. Только в двух из 18 скворечников состав брачных пар остался прежним. После успешного вылета птенцов первого выводка четверо из шести самцов обзавелись новыми женами, хотя прежние были живы и здоровы. Любопытно, что успех в выращивании птенцов первого выводка больше сопут-

ствовал постоянным парам. Объяснить ветреное поведение скворцов пока не удалось, однако эти наблюдения поставили под сомнение более ранние сведения об их полигамии: возможно, у скворцов нет ни многоженства, ни многожужия, а просто довольно часты разводы.

Своеобразны брачные связи у фрегатов, эффектных морских птиц, обитающих в тропических частях океанов. Гнездятся они колониями на морских островах. Самец выбирает место будущего гнезда и часами сидит, привлекая парящих над ним самок, при этом он раздувает ярко-красный горловой мешок и издает брачные призывы вроде булькающей трели. Сезон размножения длится более года. Самец и самка вместе строят гнездо, поочередно насиживают единственное крупное белое яйцо и выкармливают птенца. Когда же ему исполнится восемь месяцев, самцы улетают из колонии на период линьки. Самка остается од-



Зяблик (вверху) и юрок. Эти виды одного рода скрещиваются и в неволе, и в природе, однако доля гибридов среди мигрирующих осенью птиц не превышает десяти тысячной доли процента.

Фото В.В.Забугина

на с птенцом и продолжает заботиться о нем еще не один месяц, пока он не станет самостоятельным, и лишь затем может тоже улететь на линьку. В результате самки не готовы к следующему сезону размножения, и получается, что самцы размножаются ежегодно, а самки — только раз в два года. Существуют, следовательно, две группы самок, размножающихся поочередно, и их общее количество должно быть примерно вдвое больше, чем самцов. О какой супружеской верности тут можно говорить?

Несмотря на особую жизнь фрегатов, именно многие (более 180 видов) тропические птицы отличаются постоянством брачных уз, что отчасти можно объяснить отсутствием в тропиках четко выраженной сезонности климата. Давно доказано влияние внешних факторов и прежде

всего продолжительности светлой части суток на готовность птиц к миграциям и размножению. Зимующие вблизи экватора северные птицы обладают особым внутренним ритмом, позволяющим им в нужное время подготовить свой организм к очередному сезонному состоянию. А вот у оседло живущих там местных птиц такого ритма нет, и для них очень важно поддерживать постоянные связи самцов и самок, чтобы приступить к размножению при удобных для этого условиях.

Гибриды и видообразование

Хотя в природе межвидовая гибридизация у птиц считается довольно редким явлением, гибриды встречаются примерно

между 850 видами (10 % всех видов мировой фауны птиц). Орнитологи обычно сравнительно легко определяют происхождение помесей, поскольку признаки разных видов у гибрида первого поколения видны довольно четко. Более обычны гибриды между близкородственными видами в тех зонах, где перекрываются их ареалы. Например, между серокрылой и западной чайками, бурым и южным поморниками, белым гусем и гусем Росса. Однако в условиях неволи, где выбор нужных партнеров иногда становится неразрешимой проблемой, естественные барьеры к видовой изоляции с легкостью нарушаются.

Больше всего зарегистрировано помесей между разными видами уток: между кряквой и 35 видами других уток (шилохвостью, широконоской, чирком и т.д.), а также между шилохвостью и чирком, шилохвостью и хохлатой чернетью и т.д. Многие из них довольно плодовиты. Самые удивительные гибриды — кряквы и серого гуся, который в неволе нередко спаривается с другими видами гусей и казарок.

Русским охотникам издавна знакомы гибриды между тетеревом и глухарем — межняки. Казалось бы, присутствие тетерева на глухарином току и глухаря на тетеревином — явление скорее случайное, чем нормальное. Объяснить это можно лишь очень низкой численностью токующих птиц из-за преследования человеком или в результате совершенно неподходящих для образования тока условий где-либо на границе распространения птиц. Возможно, готовая к спариванию самка, не находя токующих самцов своего вида, стремится попасть хоть и не на свой, но все же на ток, и спаривается с чужаком.

Межняки — чаще всего самцы, как правило, тетеревиного типа, реже — глухариного. На токах они ведут себя необычно: позы неожиданны для самок, а голос — странная смесь глухариных

щелчков попеременно с хриплыми хрюкающими звуками. Они распугивают весь ток тетеревов, и рассчитывать на успешный контакт с тетерками им трудно. Межняки-самки, конечно, в более выигрышном положении — они могут найти себе пару и среди тетеревов, и среди глухарей, однако продолжение рода в этом случае обречено на неудачу — как и у других животных, жизнеспособность гибридов второго поколения крайне низка.

На Куршской косе Балтийского моря, где пролегают пути массовых миграций певчих птиц, среди сотен тысяч пойманных для кольцевания особей встречались помеси между зябликом и юрком — видами одного рода. Внешне гибриды обладали промежуточными признаками окраски оперения, но позывкой не отличались от обычных зябликов. Юрок гнездится в основном севернее и восточнее зяблика, но есть значительные территории, где они сосуществуют вместе. Именно там, точнее, у северной границы ареала зяблика, и появляется возможность брачных союзов особей этих видов. Однако выживших гибридов от таких браков, видимо, немного, поскольку их доля среди мигрирующих осенью птиц не превышала десятитысячной доли процента.

Пониженная устойчивость и выживаемость свойственна почти всем птичьим отдаленным гибридам на разных стадиях развития. Тем не менее, бывают исключения, когда плодовитость в гибридной зоне при наложении ареалов двух видов практически не отличается от плодовитости в исходных ареалах родительских видов.

Многие гибридные эмбрионы погибают еще в яйцах, но и у вылупившихся птенцов аномалии столь часты, что резко снижают их шансы дожить до возраста половозрелости. Выжившие помеси весьма различны и по степени жизнеспособности, и по внешним признакам. Обликом и поведением они

могут быть промежуточными между исходными формами, но бывают и особи, совершенно непохожие на своих родителей. Гибриды первого поколения могут проявлять так называемый гетерозис, т.е. превосходство гибридов в размерах и жизнестойкости по сравнению с исходными родительскими признаками и свойствами. Гетерозис, конечно, используется в практике сельского хозяйства, но в дикой природе его влияние обычно не проявляется.

В природе основное препятствие гибридации — репродуктивная изоляция, т.е. разные изолирующие механизмы, и прежде всего этологические. В первую очередь это специфическое брачное поведение каждого вида птиц, его строго определенные телодвижения и голосовые особенности. «Чужие» самки могут просто никак не реагировать на заигрывания самца, совершенно не понимая языка и жестов его ухаживания. Облегчают же гибридизацию в природе сами системы спаривания некоторых групп птиц, например уток. Поскольку селезни не принимают никакого участия во всех гнездовых делах и совершенно свободны после спаривания с самкой, многие из них готовы к весьма экзотическим любовным связям.

Проблемы гибридации неразрывно связаны с проблемой видообразования — по сути дела, с центральной проблемой биологии. Поскольку процесс эволюции непрерывен, логично предположить, что кроме хорошо обособленных видов, в природе всегда существуют всякие переходные формы на разных этапах обособления или, наоборот, слияния. В конечном счете, изучение эволюции и есть изучение становления изолирующих механизмов.

Популяцию любых животных нельзя рассматривать только как свободно скрещивающихся индивидумов. Развитие популяционной экологии неизбежно привело к пониманию популяции



Такой птицы нет в природе. Это экспериментальный гибрид садовой горихвостки и горихвостки-чернушки. Возможность гибридации в природе затрудняет специфическое брачное поведение каждого вида птиц. «Чужие» самки могут никак не реагировать на заигрывания самца, не понимая языка и «жестов» его ухаживания.

Фото автора

как пространственно ограниченной части в ареале какого-либо вида, где существует свой уровень плотности населения, своя возрастная и половая структура и свой уровень воспроизводства. В то же время ясно, что в большинстве случаев между отдельными популяциями нет четкой изоляции, и провести какую-либо определенную границу между ними невозможно.

Роль гибридации в эволюции биологи оценивают по-разному. С давних времен репродуктивная изоляция считалась одним из наиболее важных критериев вида: если нет плодovitого потомства от скрещивания разных форм, стало быть, это разные виды. Известный эволюционист Эрнст Майр, которому на днях исполняется 100 лет, придает этому критерию осно-

вополагающее значение, но не считает его абсолютным, поскольку он неприменим к географическим изолятам. По мнению Майра, многие примеры межвидовой гибридизации на самом деле есть скрещивание подвидов, которым присвоен статус видов.

Географические вариации (экоморфы и подвиды) обычно отличаются друг от друга рядом признаков в меньшей степени, чем «хорошие» виды, которые различаются не только внешним обликом, но и более глубокими внутренними признаками, проявляющимися на генетическом уровне.

Многие биологи в наше время считают естественную гибридизацию не случайным проявлением сбоев в нормальном процессе размножения, а потенциальным фактором формообразования, поскольку теоретически она может приводить к росту генетической изменчивости [12].

Ни один из имеющихся критериев вида не имеет безусловного значения. Ненадежность морфологического критерия (индивидуальная изменчивость приводит к непрерывному ряду переходных форм) обусловила возникновение критерия репродуктивной изоляции, но и он не стал универсальным.

Представители некоторых «хороших» видов не только скрещивались, но иногда давали плодовитое потомство.

По мнению орнитолога Л.С.Степаняна, количество форм животных и растений, к которым неприменима биологическая концепция вида (коим, в частности, свойственны явления бесполого размножения — развитие зародыша из неоплодотворенной женской половой клетки), столь велико, что считать их существование лишь помехой при обсуждении проблемы вида бесосновательно [13]. И тем не менее, именно для птиц критерий репродуктивной изоляции можно считать более или менее объективным. Им свойственна более высокая степень целостности вида, чем многим другим организмам. Даже очень похожие внешне виды-двойники у птиц всегда отличаются не только генетически, но и по поведению (особенностями песни, деталями строения гнезд и т.п.).

Бывают случаи, когда на пути к видовой самостоятельности, под влиянием изменившихся условий обитания, две популяции птиц вновь контактируют на каком-то участке ареалов. Особи обеих популяций скрещиваются, происходит интенсивный обмен генами, и в ре-

зультате возникают гибридные популяции. Какой статус придавать таким гибридам, как и их исходным формам — трудный вопрос.

Гибридогенное видообразование требует особых условий — возникновения в потомстве от естественного гибрида новой генетической линии, которая бы размножалась в изоляции от родительских видов. Кроме того, существует наследственное изменение (полиплоидия), которое состоит в кратном увеличении числа наборов хромосом. В эволюции растений межвидовая гибридизация и полиплоидия сыграли очень важную роль. Однако в формировании большинства систематических групп птиц гибридогенное видообразование вряд ли могло иметь существенное значение.

Действительно ли трудна жизнь у пернатых многоженцев? Ведь «Птичка Божия не знает ни заботы, ни труда»... Какой бы легкой ни казалась человеку эта жизнь, сезон размножения для птиц — труднейший период, с жестокой конкурентной борьбой за право иметь свою территорию и свою семью, со смертельным риском основного дела своего существования — продолжения рода. ■

Литература

1. Gladstone D.E. // Amer. Naturalist. 1979. V.114. P.545—557.
2. Emlen S.T., Vebrencamp S.L. // Perspectives in Ornithology. Cambridge, 1983. P.93—127.
3. Панов Е.Н. Поведение животных и этологическая структура популяций. М., 1983.
4. Oring L.W. // Current Ornithology. 1986. V.3. P.309—352.
5. Дольник В.Р. Непослушное дитя биосферы. Беседы о поведении человека в компании птиц, зверей и детей. СПб., 2003.
6. Heisler I.L. // Amer. Naturalist. 1981. V.117. P.316—328.
7. Moller A.P., Birkhead T.R. // Evolution. 1994. V.48. P.1089—1100.
8. Ford N.L. // Current Ornithology. 1983. V.1. P.329—356.
9. Hill G.E., Montgomerie R., Roeder C., Boag P. // Behav. Ecol. Sociobiol. 1994. V.35. P.193—199.
10. Westneat D.F., Sberman P.W., Morton M.L. // Current Ornithology. 1990. V.7. P.331—369.
11. Olsson O. // J. of Avian Biology. 2001. V.32. P.139—145.
12. Панов Е.Н. Гибридизация и этологическая изоляция у птиц. М., 1989.
13. Степанян Л.С. Надвиды и виды-двойники в авифауне СССР. М., 1983.

Цирк ледника Колка: год спустя после катастрофы

О.В.Рототаева, Г.А.Носенко,
кандидаты географических наук
Институт географии РАН

В июне—сентябре 2003 г. гляциологический отряд Института географии РАН впервые после ледниковой катастрофы в Северной Осетии, случившейся 20 сентября 2002 г. [1], провел наземные полевые работы в цирке ледников Колка—Майли. Исследования проходили в рамках Межведомственной экспедиции МЧС.

Кроме авторов этих строк в отряде гляциологов работали наш коллега из Нальчика А.М.Керимов, сотрудник «Росавиакосмоса» О.А.Носенко и В.Н.Рындин из Владикавказа — участник экспедиции нашего института, изучавшей предыдущую подвижку ледника Колка в 70-х годах [2].

В верховья Геналдона нас забросил вертолет МЧС. Прежде красивейшая долина реки, левый склон которой был покрыт цветущими альпийскими лугами, а правый сверху донизу зарос лесом, представляла собой ужасающее зрелище. Вся Кармадонская котловина заполнена толщей льда и камней, выброшенных сюда ледником. На поверхности образовались провалы и трещины, лед размывает река. По всей долине склоны содраны, видны черные обрывы и воронки осыпавшегося грунта, местами остатки грязного тающего льда.

Мы надеялись, что вертолет высадит нас поближе к цирку Колки, но он только сделал круг

и вернулся к левому притоку Геналдона — Белой речке. Здесь в 70-е годы был «нижний лагерь» нашей экспедиции, сюда и в цирк у ледника постоянно садился маневренный МИ-4. Но сейчас вертолет МИ-8 только завис над площадкой, пришлось быстро выбрасывать снаряжение и прыгать в высокую траву с камнями.

На следующий день 5-километровый путь наверх занял почти 8 ч. Через бурную речку трудно было переправиться даже рано утром, пришлось натягивать веревку для переправы наших рюкзаков. Дальше — разрушенная морена, камни, иногда крутые участки мокрого льда, по которому течет мелкозем. Да еще и дождь, и густой туман. Вообще все пять дней нашего похода мешала погода — дождь днем и ночью, низкая облачность и главное — плохая видимость. Для фотосъемки приходилось ловить короткие разрывы в облаках.

Спасатели МЧС с нами не пошли, но были на связи. Однако на третий день незамедлительно поднялись в лагерь, чтобы заменить рации, у которых разрядились аккумуляторы.

Мы должны были обследовать освободившееся ложе ледника Колка на всем его протяжении, левую боковую морену, порог (ригель) на днище и возникшее за ним озеро, морены между ледниками Колка и Майли, а так-

же поверхность языка ледника Майли и его долины.

Судя по геоморфологическим признакам — особенностям рельефа и характеру отложений, — в сошедшем ледово-каменном селе содержалось большое количество воды, как и предполагали ранее. На бортах долины и разделяющем ледники моренном треугольнике оставил след несущий обломки льда мощный поток воды. С правого края Колки он попал на язык ледника Майли и правый склон его долины, о чем говорят глубокие эрозионные борозды на морене между ледниками, в которых застряли куски льда, а также почти неповрежденная форма осыпей на правом борту Майли, по которым прокатилась волна. Структура поверхности этого ледника также осталась практически неизменной, но с четкими следами воды по верхнему краю прошедшего потока. На льду местами даже остались участки прежней поверхностной морены, отличающейся по цвету от той, что принес ледник Колка.

В то же время основная масса ледово-каменного селя устремилась по обычному пути — по ущелью Колки, борта которого содраны и изрезаны параллельными продольными бороздами, а высоко на скалы левого борта выброшены фрагменты двигавшейся массы. Между двумя этими потоками осталась нетрону-



Вертолет МЧС в Кармадоне перед отлетом.



На подъеме к леднику Колка. Слева направо — В.Н.Рындин, Г.А.Носенко, О.А.Носенко, А.М.Керимов.

Фото О.В.Рототаевой

той часть гребня моренной гряды, разделявшей долины Майли и Колки, с сохранившейся растительностью. В июне мы шли здесь по ковроу зеленой травы и цветов.

Одним из объектов, вызывавших ряд вопросов, был порог на поверхности ложа, обнаруженный после схода ледника. За ним возникло озеро, представлявшее потенциальную угрозу в случае прорыва. Считалось, что этот порог, состоящий

из коренных пород, был возможным препятствием для стока льда, и даже обсуждался вариант его разрушения взрывом для предотвращения в дальнейшем подвижек ледника. Наземное обследование показало, что порог представляет собой подковообразную поперечную плотину, состоящую из ледяного ядра, покрытого крупным обломочным материалом, который круто спускается тремя ступенями вниз по долине. Абсолютная вы-

сота гребня плотины в центральной части 3025 м, у бортов долины 3060 м. Выходов коренных пород не обнаружено.

Мы полагаем, что причина образования плотины — сужение и поворот долины на этом участке, которые затруднили уход наиболее крупных и тяжелых остатков разрушившегося ледника и обеспечили отрыв «хвоста», крупного массива льда и камней, от основной массы северо-левого потока.

Озеро за ригелем в конце июня имело размеры 150×50 м — примерно вдвое меньше, чем осенью 2002 г. Судя по морфологии береговой линии, уровень озера нестабилен. Борта его сложены обломочным материалом с выходами льда, превышение плотины в средней части над озером составляло всего 10–15 м, ее ширина на этом участке — порядка 50 м. Рыхлый материал плотины обеспечивал постепенный сток воды. Действительно, в течение лета уровень воды в озере постепенно понижался, и к концу сентября оно исчезло без катастрофических последствий.

Обследовано и днище ледника. Остатков зимнего накопления снега на ложе в последних числах июня не оказалось, хотя у правого борта сохранились отдельные лавинные конуса. Рельеф неровный, выходов коренных пород не обнаружено. Днище целиком покрыто толщей обломков разной величины. На снимках прошлого года сразу после схода ледника на ложе были видны остатки раздробленного льда, в основном в виде полос вдоль левого борта. Но в сентябре—октябре 2002 г. стояла теплая погода, и они активно таяли. Мы же встретили лишь крупные массивы льда, такие как уже упомянутая плотина на повороте у выхода из цирка и сохранившийся немного ниже надвинутый на правую морену останец. Эта гряда ледникового льда с хорошо выраженной слоистостью, очевидно, была перемещена движущейся массой вдоль правого борта на 300–500 м.

В самом цирке у подножия правого борта сохранились фрагменты более старого донного льда, насыщенного обломочным материалом, со следами интенсивной эрозионной деятельности поверхностных водотоков, которые у подошвы склона уходят под рыхлую толщу. На фотоснимках, сделанных с вертолета год назад, сразу после схода ледника, обращала на себя внимание на данном участ-

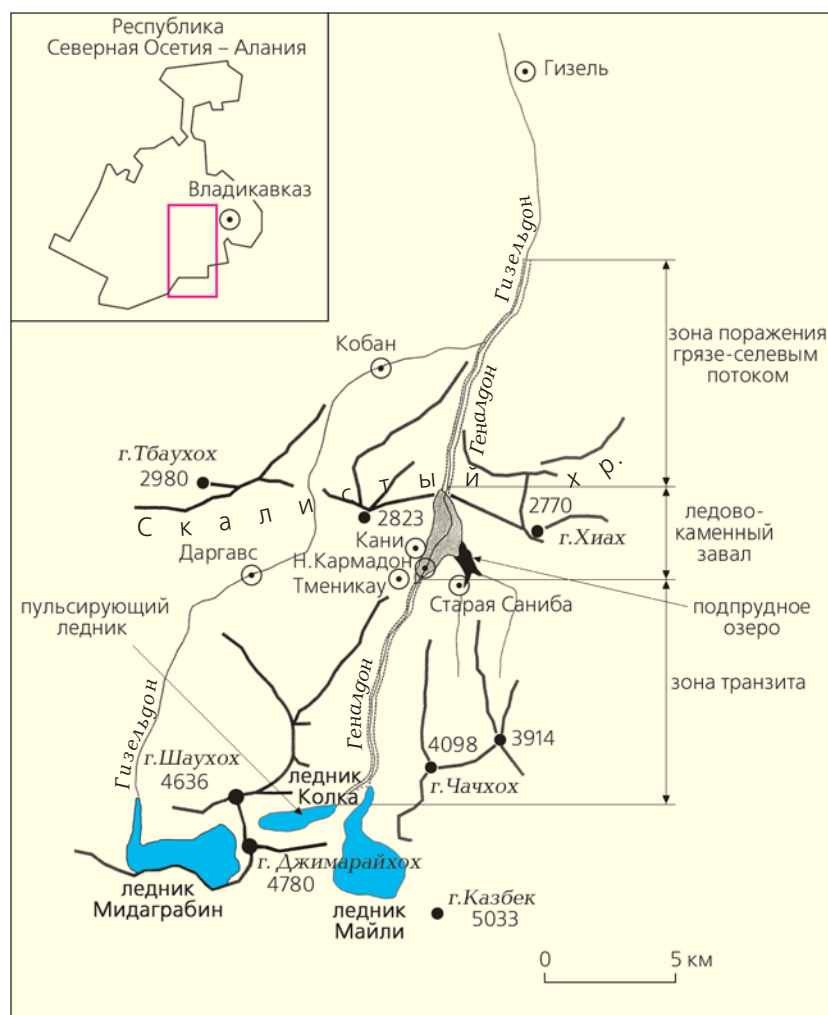


Схема последствий катастрофической подвижки ледника Колка 20 сентября 2002 г.

ке целая серия параллельных валиков и борозд, вытянутых поперек оси долины и общего движения льда. Такое направление унаследовали и ручьи талых вод.

Донный лед обнаружен и на дне долины ниже ригеля — по видимому, это остатки мертвых льдов на конце пассивного, деградирующего языка.

Большой интерес вызывает происхождение так называемых «муравьиных куч» — конусов высотой 50–150 см, сложенных мелкообломочным материалом. Обычно подобные формы характерны для медленной деградации ледников и остаются на месте прежних ледниковых мельниц и колодцев.

Здесь же конусы оказались широко распространены почти по всей поверхности днища. Возможно, они образовались из-за неравномерного таяния многочисленных обломков льда, оставшихся на ложе после ухода ледника.

Наиболее активная часть — обвальный конус в тыловой части цирка. На днище осталась ступень — очевидно, это массив льда, насыщенный и заваленный сверху обломочным материалом. В июне—августе 2003 г. со стены и гребня Джидарайхоха непрерывно падали камни, т.е. обвалы продолжались и год спустя. В конце сентября они практически прекратились.



Путь в опустевший цирк ледника Колка 28 июня 2003 г. На дальнем плане в облаках видна мощная гряда левой береговой морены.

Фото О.В.Рототаевой

Лагерь отряда на морене ледника Колка.

Фото О.В.Рототаевой

Мы провели обследование левой боковой морены. В трех местах остались следы перетекания через нее ледовых или водных масс. Главный, верхний, ледяной выброс (на высоте 3340 м) мог образоваться при переваливании ледника через морену или в результате крупного обвала. Материалы аэрофотосъемок прошлых лет подтверждают возможность таких обвалов, перекрывающих всю тыловую часть цирка ледника и достигающих левой морены. Ниже небольшие заплески через гребень морены (на высоте 3250 и 3100 м) вероятнее всего образованы водой со льдом.

Запах газа в цирке не обнаружено. Но нами был выполнен специальный отбор проб воды из озера, ручьев, р.Колка, а также снега и льда в цирке. Образцы исследуются специалистом из Института вулканологии и сейсмологии РАН в Петропавловске-Камчатском Я.Д.Муравьевым. Хотя они еще не до конца обработаны, получены интересные результаты.

Главный показатель вулканогенного компонента в составе воды — содержание сульфатов. Оказалось, что остатки ледникового льда в средней части днища содержат в 10–15 раз больше ионов SO_4 , чем в находящемся рядом лавинном снеге прошедшей зимы. Более того, в воде озера содержится сульфат-иона в 500 раз больше, чем в снеге, и в 50 раз — чем в ручье на склоне рядом с цирком.

Еще одна характеристика, свидетельствующая о глубинности процесса, — соотношение серы и хлора. По измерениям прежних лет, в водах реки Геналдон, во льду Майли и в минеральных источниках в верховьях долины отношение S/Cl составляло сотые, десятые доли, редко первые единицы. Сейчас это соотношение в водах озера достигает 100–150 (т.е. в 1000 и 10 000 раз больше), а Колки — более 30.

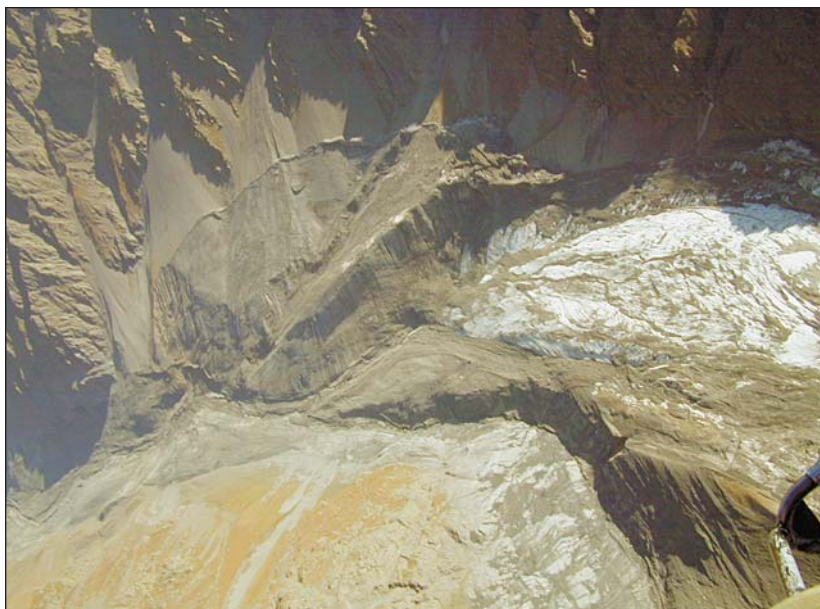
Таким образом, налицо геохимические свидетельства активных процессов в недрах Казбек-Джимарайского массива,

а также участия гидротермального фактора в катастрофическом процессе.

Для определения возможных современных локальных источников геотермального тепла Р.А.Чернов измерил в сентябре 2003 г. температуру ложа ледника и прилегающих склонов с помощью дистанционного термометра с оптическим разрешением 1:60 (точность измерения 0.5° в диапазоне от -10° до $+50^\circ$). Исследования проводились в утренние и вечерние часы, когда солнце было скрыто ближайшими вершинами. Температурный фон ложа в утренние часы составил $5-6^\circ\text{C}$ тепла, в вечерние — $11-12^\circ$ сразу после захода солнца и $7-8^\circ$ через полчаса после захода. Никаких локальных источников тепла на ложе и склонах обнаружено не было.

Все полученные в 2003 г. данные позволяют уточнить характер произошедших в 2002 г. событий. Важнейшая их предпосылка — необычный режим динамически нестабильного ледника Колка, который по проше-

Следы заплеска водного потока на осыпях правого склона долины ледника Майли (сентябрь 2002 г.).
Фото И.В.Галушкина



Гребень морены между ледниками Колка и Майли местами остался неразрушенным.
Фото О.В.Рототаевой



Ледово-каменная плотина, образовавшаяся на поверхности ложа ледника Колка после его схода.
Фото Г.А.Носенко



ствии 30 лет после очередной подвижки безусловно находился в неустойчивом состоянии. Но преждевременный срыв ледника и колоссальный масштаб катастрофы были спровоцированы целым комплексом сложившихся факторов. Это прежде всего скопление больших объемов воды в леднике и под ледником, которое сыграло главную роль в отрыве его от ложа и силе выброса. Обилие воды обусловлено в значительной мере климатическим фактором. Дополнительное донное таяние ледника могло быть вызвано вулканогенным процессом, который, по всей вероятности, способствовал и необычно активному обрушению льда и горной породы на правой стене над ледником. Длительные обвалы создали значительную перегрузку в тыловой части ледника и предельно увеличили напряжение в его теле.

Непосредственным пусковым импульсом схода ледника мог оказаться очередной обвал, толчок даже малого землетрясения или другой разрушительный



Озеро за ледовой плотиной в июне 2003 г. (на левом берегу вдали — фигура человека).

Фото О.В.Рототаевой



Отрыв боковых ледников-притоков произошел в нижней части правого склона, на котором видны борозды — следы сползания массивов льда на дно цирка. 22 сентября 2002 г.

Фото И.В.Галушкина

процесс внутри ледника (возможно, связанный с вулканизмом), создавший критические напряжения в его теле и резко нарушивший целостность ледника. Можно предположить, что где-то между центральной и тыловой частью цирка обрушились своды над внутренними или подледными полостями с водой. Рухнувшая часть ледника с силой выдавила из-под себя воду.

Поток воды с кусками льда и мелкой обломочной фракцией устремился с большой скоростью поверх нижележащей части языка по прямому направлению (выше поворота в цирке), переклестнул через правую морену на ледник Майли, а на отдельных участках — и через левую морену Колки. Разрушение основного тела ледника лишило опоры его боковые правые при-

токи на крутом склоне, в нижней части которых произошел отрыв по зонам трещин. Направление их схода на днище реконструируется по системе ориентированных вниз по правому склону параллельных валиков и борозд на остатках старого придонного льда, что добавило массы и энергии в начавшееся движение утратившего целостность ледника. Основная масса льда пошла по главному ущелью Колки. Эти этапы на самом деле были частями единого быстротечного процесса, и общий вал водно-ледово-каменного селя ринулся в долину, набрав дополнительную скорость на разгонном участке в конце ущелья Колки, где уклон превышает 20°.

В настоящий момент состояние ледника Майли стабильное, и он не проявляет признаков активности. Высота его поверхности ниже ледопада за последние годы в результате интенсивного таяния понижалась, как и у большинства ледников Кавказа. Большие участки рыхлых пород, обнажившихся на бортах в бассейне ледников Колка-Майли после подвижки, могут служить источником образования селей. Для контроля за развитием всех процессов необходимы периодические наземные обследования и аэровизуальные наблюдения с вертолета. Перспективно также использование космических съемок высокого разрешения [3].

Но самая неотложная задача, без которой дальнейший мониторинг не может отвечать минимальным современным требованиям, — создание крупномасштабной топографической карты уникального объекта — пустого ложа, где начинается формирование нового ледника, грозящего будущими катастрофами. К сожалению, эта задача пока не решена. ■

Литература

1. Котляков В.М., Рототаева О.В. Ледниковая катастрофа на Северном Кавказе // Природа. 2003. №8. С.15—23.
2. Рототаев К.П., Ходаков В.Г., Кренке А.Н. Исследование пульсирующего ледника Колка. М., 1983.
3. Осипова Г.Б., Цветков Д.Г. Что дает мониторинг пульсирующих ледников? // Природа. 2003. №4. С.3—13.

Отчего гибнут «бесчешуйные ящеры»?

А.М.Орлов,

доктор биологических наук

В.А.Ульченко

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
Москва

Большого алепизавра (*Alepisaurus ferox*) трудно спутать с какой-либо другой рыбой. У него вытянутое (до 215 см длиной) веретенообразное с металлическим блеском тело, абсолютно лишенное чешуи, и высокий, в виде паруса, спинной плавник. Клиновидная голова и передняя часть тела сплющены с боков, задняя — цилиндрической формы, с обеих сторон снабжена продольными жировыми киями. Огромный рот вооружен острыми зубами и мощными кинжаловидными «клыками». По внешнему облику алепизавр напоминает древнего хищного ящера, что отражено в его научном названии, кото-

рое переводится с греческого как бесчешуйный ящер.

Эта необычная рыба впервые была обнаружена в районе Курильских о-вов во время работы Второй Камчатской экспедиции 1731—1743 гг., которой руководил командор В.Беринг. Попала она в руки известному путешественнику и натуралисту, адъютанту Петербургской академии наук Г.В.Стеллеру, который назвал ее *Plagyodontis*. Используя дневники Стеллера и засушенный им экземпляр, другой не менее известный естествоиспытатель, географ и путешественник, П.С.Паллас, в 1811 г. описал новый вид, выделив его в отдельный род *Plagyodum*. Спустя время название рода трансформировалось

в *Plagyodus*, но и оно не прижилось в научной литературе. Используемое ныне имя — *Alepisaurus ferox* — рыбе присвоил английский священник и ботаник Р.Т.Лове в 1833 г.

Первые публикации об алепизавре основаны на изучении экземпляров, найденных на берегу. С развитием океанических исследований объем сведений по систематике, биологии и экологии вида значительно пополнился. В результате выделено целое семейство алепизавровых (*Alepisauridae*) в отряде миктофообразных (*Micropiformes*), родственных лососеобразным. Большой алепизавр обитает преимущественно в тропических и субтропических водах, но в период нагула про-

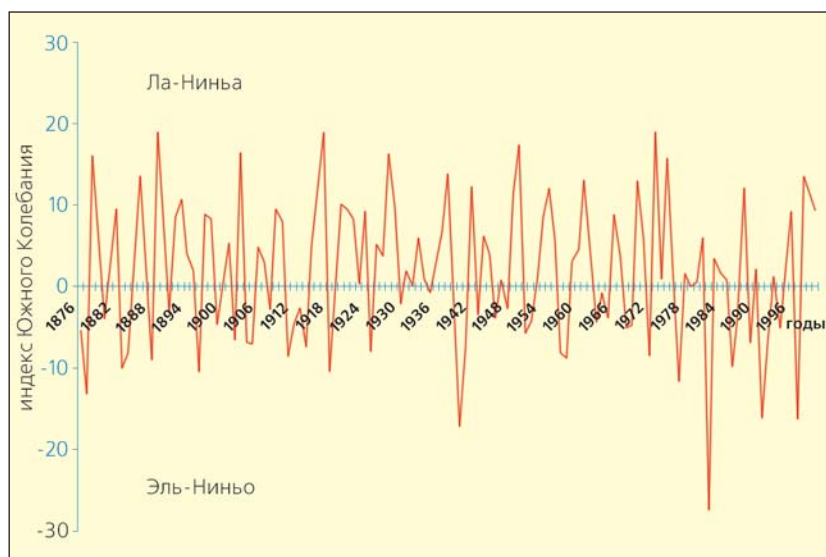
© Орлов А.М., Ульченко В.А., 2004



Находки алепизавра на островах и побережье в северной части Тихого океана до 2000 г.



Алепизавры, найденные на охотоморском побережье о.Уруп (Курильские о-ва) в августе 1999 г. (вверху) и сентябре 2000 г.



Динамика ежегодных среднегодовых значений индекса Южного Колебания с 1876 по 2000 г., выраженного в единицах стандартного отклонения разности атмосферного давления на метеостанциях «Таити» (Тихий океан) и «Дарвин» (Австралия). Использованы данные Национального климатического метеорологического центра (Австралия).

никает далеко на север в умеренные и субарктические воды, достигая побережий Гренландии и Исландии и заходя в Берингово море. В летний период алепизавр вполне обычен в российских дальневосточных водах, где его численность в отдельные годы приближается к полумиллиону особей [1].

Алепизавр играет важную роль в экосистемах Мирового океана, являясь типичным хищником глубоководной (до 2,5 тыс. м) пелагиали. В его рацион входят разнообразные морские организмы (от червей и ракообразных до рыб), в том числе и такие важные промысловые объекты, как дальневосточная сардина-иваси, сайра, лососи, морские лещи, терпуги и кальмары. Сам же алепизавр нередко становится жертвой тунцов, марлинов, акул, опаха и других морских хищников. Несмотря на то, что мясо алепизавра по вкусу напоминает крабовое, промыслового значения эта рыба не имеет, поскольку обитает в глубоководных районах океана, численность ее невелика и она редко попадает в традиционные орудия лова (донные и пелагические тралы, дрейфтерные сети, пелагические и донные ярусы).

До сих пор не ясны причины гибели алепизавров. Случаев их находок на побережьях в различных районах северной части Тихого океана (от Курильских о-вов и побережья Калифорнии на юге до Алеутских о-вов на севере) к настоящему времени накоплено немало. Но и столетие назад это было обычным явлением для коренных жителей Камчатки, которые ошибочно именовали алепизавра «зубаткой» [2]. Последние находки алепизавра отмечены на побережьях Курильских о-вов в 1996 г. — на о.Шумшу и в 1999—2000 гг. — на о.Уруп. Существует несколько версий, объясняющих необычное поведение рыб. Некоторые ученые полагают, что ослабленные или погибшие по каким-то

причинам рыбы выбрасываются на берег штормом [3–5]. Причинами тому могут служить, например, сильное заражение паразитами, болезни, ранения и т.д. [2, 6, 7]. Предполагается также, что алепизавр приближается к берегам, преследуя добычу, и может погибнуть в результате резкого изменения давления при быстром подъеме с больших глубин [8, 9]. На наш взгляд, все эти объяснения не достаточно убедительны. Во всяком случае, проанализировав описания береговых находок алепизавра в северной час-

ти Тихого океана, начиная с конца 1880-х годов по настоящее время, мы выяснили, что в большинстве случаев рыбы найдены были еще живыми без следов ранений или болезней, не были они заражены гельминтами, желудки их были пусты. Не предшествовали этим находкам и штормы. А вот сравнив даты находок алепизавров на побережьях в северной части Тихого океана с динамикой среднегодовых значений индекса Южного Колебания, который признан индикатором мощности таких глобальных явлений,

как Эль-Ниньо и Ла-Нинья, определяющих гидрологический режим Мирового океана, вызывающих аномалии погоды на земном шаре и влияющих на жизнь биосферы [10], мы обнаружили, что большинство находок приходится на годы Ла-Нинья. Это позволяет предположить, что основной причиной приближения алепизавров к берегам и их дальнейшей гибели служат периодические похолодания в северной части Тихого океана, которыми сопровождаются периоды действия Ла-Нинья [11]. ■

Литература

1. Мельников И.В. // Известия ТИНРО. 1997. Т.122. С.213–228.
2. Никольский А.М. Гады и рыбы. СПб., 1902.
3. Румянцев А.И. // Известия ТИНРО. 1951. Т.35. С.185–186.
4. Полутов И.А. Лагунов И.И., Никулин П.Г. и др. Промысловые рыбы Камчатки. Петропавловск-Камчатский, 1966.
5. Clemens W.A., Wilby G.V. Fishes of the Pacific coast of Canada. Ottawa, 1961.
6. Барабаш И.И. К находкам алепизавров у берегов наших дальневосточных морей // Природа. 1945. №2. С.70.
7. Николаев А.С. // Вопр. географ. Камчатки. 1967. Вып.5. С.168–170.
8. Третьяков Д.К. Рыбы и круглоротые. Их жизнь и значение. М.; Л., 1949.
9. Панин К.И. Находка глубоководной рыбы — алепизавра у берегов Камчатки // Природа. 1943. №4. С.70–72.
10. Сидоренков Н.С. Межгодовые колебания системы атмосфера—океан—Земля // Природа. 1999. №7. С.26–34.
11. Бышев В.И., Лебедев М.М. // Океанология. Т.40. №5. С.673–681.

Захи Авасс (Zahi Hawass), главный хранитель памятников Древнего Египта, относит недавно эксгумированные в районе Саггары фрагменты мумии к древнейшим среди известных к настоящему времени. На костях и участках кожного покрова сохранилась смола, которую применяли при бальзамировании более 5 тыс. лет назад. Скорее всего, погребен был человек знатного рода, живший между 3100 и 2890 гг. до н.э. Sciences et Avenir. 2003. №675. P.22 (Франция).

Сегодня рис — основной продукт питания половины населения Земли. До сих пор счи-

талось, что древнейшие зерна риса найдены в Китае. Однако при археологических раскопках на территории Южной Кореи, у деревни Сорори, расположенной между 36 и 37°с.ш., были обнаружены 59 обожженных зерен. Радиоуглеродный анализ показал, что корейцы впервые начали выращивать рис 15 тыс. лет назад, на 7 тыс. лет раньше, чем китайцы. Судя по ДНК южнокорейских зерен, они сильно отличаются от сортов риса, культивируемых ныне. Sciences et Avenir. 2003. №682. P.28 (Франция).

Американские этологи из Университета Эмори (Атланта)

изучали поведение бурого, или черноголового, капуцина (*Cebus apella*). Этот вид обезьян отличается ярким выражением эмоций. Во время эксперимента животных поощряли за выполнение задания их любимой пищей — огурцами. Когда же одна из наиболее ленивых обезьян получила в качестве вознаграждения виноград (капуцины любят его больше огурцов), остальные дружно запротестовали — немедленно выбросили огурцы, а некоторые даже отказались работать. Этологи предположили, что приматов возмутила вопиющая несправедливость. Terre Sauvage. 2003. №189. P.17 (Франция).

Научные сообщения

Коротка

ОЖИДАЮ НОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Беседа с академиком *В.А. Струнниковым*

«Шелковый» путь Владимира Александровича Струнникова был отнюдь не гладким, а скорее тернистым. Изучению шелкопряда и страсти к генетике он не изменил ни разу, даже в годы, когда само название этой науки было вычеркнуто из лексикона, а ее приверженцев «сжигали на кострах». Невзирая на запреты, он продолжал генетические исследования и преподавал опальный предмет в Ташкентском университете. Ответвлений от генетических исследований на тутовом шелкопряде у Владимира Александровича не было, за исключением одной: им разработана двухмутационная гипотеза рака, но приоритет официально принадлежит А.Г.Кнудсону.

Автор множества технических новшеств и генетических форм шелкопряда, не существующих в природе, известен далеко за пределами нашего Отечества. О признании его работ говорит публикация в «Nature». В этом журнале, столь требовательном и разборчивом в отношении советских (а теперь и российских) авторов, в 1975 г. появилась статья Владимира Александровича, которую он в редакцию не посылал! Как она попала туда, для самого автора остается загадкой. Ученые Китая, где разведением тутового шелкопряда для получения шелка занимаются около 5 тыс. лет, ездят к Струнникову постигать генетические премудрости выведения новых форм. Два его метода — получение самцовых клонов и закрепление в потомстве гетерозиса — относятся к числу тех, что помогут человечеству прокормить себя, не распахивая при этом целину, а оставив природу нетронутой. Казалось бы, венец генетических исследований достигнут, но Владимир Александрович продолжает экспериментировать и изобретать, несмотря на свои 90 лет и безразличие академической общественности к его работам.

Сохранение и развитие науки зависят от жизненного подвига не столь уж многих людей. А жизнь Владимира Александровича (как видно будет из беседы с ним нашего корреспондента Л.П.Беляновой) действительно подвиг — и в житейском, и научном смысле.

Многих лет Вам активной творческой жизни, Владимир Александрович!

Человек науки интересен тем, что он сотворил за свою жизнь, как продвигался по научным нехоженным тропам. Но всякий не прочь узнать и о предках, семейных обстоятельствах, о житейских событиях. Давайте прогуляемся по Вашей биографии, ведь в беседе не охватишь всего того, что Вы сделали в науке, да к тому же Ваши этапные работы были опубликованы в «Природе». Какого Вы, Владимир Александрович, роду-племени?

Наш род берет начало от Чеховых, проживавших в селе Ольховатка Острогожского уезда Воронежской губернии, а сам я не Струнников Владимир Александрович, а Чехов Владимир Иванович. В середине XIX в. семья моего предка перебралась в село Филоново Богучарского уезда, которое находится недалеко от Ольховатки. В детстве я часто слышал в разговорах взрослых упоминания о родственниках, оставшихся в этом селе. Предвижу Ваш вопрос о нашем родстве с предками Антона Павловича Чехова. Тогда я этим не интересовался, а откуда они происходят — узнал много позже, из воспоминаний И.А.Бунина. Там сказано: «На протяжении 17-го столетия родиной предков А.П.Чехова было село Ольховатка Острогожского уезда Воронежской губернии». Фамилия Чехов исключительно редка, но в Ольховатке ее носит большинство, и это несомненно свидетельствует об их родственности. Семья Антона Павловича переехала в Таган-

рог после отмены крепостного права. О фамильном с ней родстве подсказала бы хранившаяся в нашей семье фотография Антона Павловича с дарственной надписью на обратной стороне и подписью. Кому была подарена эта фотография, меня тогда не интересовало, а потом уже было поздно — ее навеки поглотил архив НКВД. Накануне ареста отца в 1928 г. богучаровский чекист, проводивший обыск, заинтересовался фотографиями, а среди них была и фотография Антона Павловича. Увидев ее, чекист спросил, где живет этот Чехов, а когда объяснили, что на фото известный писатель, умерший в 1904 г., представитель «органов» обещал все проверить и разобраться. Разобрались они или нет, не знаю, а тайна дарственной надписи так и осталась мной неразгаданной.

Мой дед Евгений Чехов, человек многодетный, бывший сельским псаломщиком, выхлопотал бесплатное обучение в духовной семинарии для старшего сына Ивана, моего отца. Расчет был на то, что Иван, окончив семинарию, поможет получить образование младшим братьям и сестрам. Так и вышло: два брата выучились на агрономов, две сестры — на врачей, а одна стала школьной учительницей.

Отец был мастером на все руки: токарем, столяром и плотником. Вся наша деревянная мебель и множество ульев для пчел были сделаны им. Он чинил часы, швейные машинки, даже мотоциклы и впервые появившиеся в селах трактора. Дубил ко-

жи и сам шил для нас обувь. Из многочисленных шкурок разводимых им кроликов шил нам разнообразную меховую одежду и шапки. Из различных выброшенных машинных частей соорудил маслобойку. Прекрасно фотографировал. Его фотографии 80-летней давности выглядят лучше, чем сделанные в середине прошлого века. Самодельным увеличителем он создал большие фотопортреты, которые дожили до наших дней. Давал советы крестьянам по сельскому хозяйству: голодной весной посоветовал сажать картофель глазками, и, к всеобщей радости, ростки проклюнулись и выросли в хорошие кусты. После сбора урожая новаторы приносили нам в дар по ведру картофеля. В конце 20-х годов заговорило величайшее чудо науки и техники — радио, и у нас очень быстро появились сделанные отцом сначала детекторный приемник, а потом уже ламповый, который питался от самодельной батареи. Проезжавшие через наше село посторонние люди удивлялись при виде двух высочайших радиоантенн. Я до сих пор поражаюсь, как он их сделал, а главное, как ему их удалось установить.

Моя мать, Лариса Митрофановна Попова, была дочерью филоновского священника. Она получила хорошее образование в каком-то специальном воронежском заведении для благородных девиц. Такая возможность представилась ей благодаря тому, что директором там был муж двоюродной сестры моей бабушки. Единственный брат матери погиб во время гражданской войны, и всю жизнь бабушка тяжело переживала его гибель. Мать замечательно вышивала, и это было единственным доходом семьи в те времена, когда после ареста отца и моего отъезда осталась с двумя девочками.

В годы социальных потрясений Вы были ребенком и, наверное, мало что помните?

Да нет, помню многое, но что об этом говорить — жили как все, тяжело. От революции и гражданской войны в памяти запечатлелись артиллерийская перестрелка, расстрелы, страх перед свирепствовавшим бандитизмом в конце войны и некоторое время после. Страшной напастью был сыпной тиф. Его в наше село занесла отступающая Белая армия. Заболели чуть ли не в каждом доме, иногда повально, всей семьей. Такая участь постигла и нас. Первой заболела тетя, потом — мать и маленькая сестренка, а через несколько дней свалился отец, его в беспмятном состоянии увезли в больницу. Не заболел только я. Не знаю, что было бы с нами, если бы не двоюродные сестры матери. Они узнали о наших несчастьях, пешком прошли от Богучара 25 верст до нас и начали обливать горячей водой все, что было можно, запарили белье, перемыли посуду, приготовили пищу. Стали кормить из ложечки ослабших и голодных. Через несколько дней началось выздоровление. Поправился и отец, но страшно исхудал. Постепенно все вернулось в прежнее русло, только мама стала часто прихварывать, у нее обнаружили туберкулез. Однако она

прожила до 89 лет и в глубокой старости поражала всех светлым умом и замечательной памятью.

А детская жизнь текла своим чередом. Года в четыре я страстно хотел узнать, как выглядят летучие мыши и что находится в животе кошки или собаки.

И вот однажды я увидел в руках одного мальчишки какое-то жуткое, безобразное существо, настоящее исчадие ада: кожистые крылья и голая маленькая морщинистая головка со страшным оскалом зубов, круглыми, как мне казалось, злобными глазами. Такого мерзкого создания я еще не видал! А это и была летучая мышь. Пожалуй, большего разочарования я не испытал за все детство.

Чтобы узнать о содержимом собачьего живота, я решил взрезать его. Но мама вовремя узнала о моих замыслах и объяснила, что собака живая, что ей будет больно, так же как было больно мне, когда я порезал палец, и она даже, скорее всего, погибнет от раны, а ей, хоть она и бездомная, все же хочется жить, и что бездомных животных надо жалеть, подкармливать, а не обижать.

Уж не в детские ли годы зародился Ваш интерес к шелкопряду?

Именно так. Однажды наша соседка, съездившая в гости к родственникам на юг России, привезла оттуда около двух десятков коконов тутового шелкопряда. Они меня очень заинтересовали. Я вскрыл один и обнаружил там какой-то странный предмет, похожий на веретено. Родители посоветовали мне понаблюдать за коконами. Каково же было мое удивление, когда эти предметы в один прекрасный день превратились в бабочек, которые, вопреки моим жизненным познаниям, не летали. Бабочки соединялись парами, а потом те, что были потолще, стали откладывать маленькие желтые яички. Через два дня они потемнели, а через неделю из них вышли крошечные червячки. По совету взрослых я стал кормить их листьями шелковицы. Червячки много ели, быстро росли и вскоре обвили себя шелковой оболочкой. И тогда я впервые понял, как сложен мир вокруг нас.

Потом мне рассказали, что есть люди, ученые, которые изучают живых существ. Рассказали о шелководстве, о Луи Пастере, который «лечил» бабочек тутового шелкопряда и лечил людей, укушенных бешеными собаками. Рассказали о русском ученом Мечникове, тоже изучавшем бабочек и лечившем людей. Все это произвело на меня очень сильное впечатление, и через несколько дней я заявил, что стану ученым и буду изучать бабочек тутового шелкопряда.

Удивительно, что все так и произошло, но мы знаем генетика-шелковод В.А.Струнникова, а не В.И.Чехова. Когда же и при каких обстоятельствах Вы сменили фамилию и отчество?

После раскулачивания и ареста отца мы вынуждены были переселиться к родственникам в Богучар. Из источников доходов у нас остался только



Родители — Иван Евгеньевич и Лариса Митрофановна Чеховы.

Все фотографии из семейного архива В.А.Струнникова

один — мамино вышивание. Но на нем много не заработаешь. Поэтому, списавшись с другими родственниками, решили разъехаться по разным семьям. Мне, рассудили, надо отправляться к тетушке по отцу — Валентине Евгеньевне, бывшей замужем за профессором-хирургом Струнниковым Александром Николаевичем. Они меня усыновят, после чего мне, возможно, откроется дорога в вуз. Их семья жила в Краснодаре, но ко времени моего приезда профессор решил перебраться в Микоян-Шахар, столицу Карачаево-Черкесии, на постоянную работу. Там мы все и оказались. Так как у меня удостоверение об окончании семилетки было выписано на имя Чехова, то планировалось, что я снова пойду в среднюю школу, но уже как Струнников, в расчете на ближайшее переоформление документов. Я снова оказался в 7-м классе. Меня волновало, каким должен быть сын профессора — умным или средним? Решил, что — умным. Может быть, тогда поверят, что я настоящий сын профессора. В школе все протекало без осложнений. Однажды я познакомился со студентом Горского сельскохозяйственного института, который находился в г.Орджоникидзе, и узнал, что там есть отделение пчеловодства и шелководства. Как раз то, что нужно для осуществления моей детской мечты. Казалось, события развиваются вполне благоприятно. Но в начале мая скоропостижно скончался Александр Николаевич. Я снова оказался «у разбитого корыта»: мое усыновление он не успел оформить. Этим пришлось заняться тете. Сходив куда-то, она продиктовала мне заявление о желании быть усыновленным, потому что мои родители — учителя — умерли. В результате я получил документ, удостоверяющий, что я — Струнников Владимир Александрович. Те-

перь можно было поступать в вуз, и я стал студентом Горского сельскохозяйственного института.

Тамашнее отделение шелководства и пчеловодства Вы и закончили?

Нет, после первого курса нам объявили, что отделение закрыто из-за отсутствия преподавателей. Все мои мечты рушились. Но мы, студенты, добились перевода в Ташкентский сельскохозяйственный институт. Студенческая жизнь — очень голодная — продолжилась. Однако к четвертому курсу я разочаровался в шелководстве. Я мечтал о научной работе, а окончив институт, мог стать лишь агрономом, в лучшем случае — преподавателем шелководства. Будущее казалось туманным.

И именно на четвертом курсе произошло событие, которое предопределило мой путь в науке. Я жил в общезитии со старшекурсниками, а они очень увлекались генетикой, которую впервые ввели в вузовскую программу. В один прекрасный день мне попался на глаза учебник генетики (его авторами были американские ученые Э.Синнот и Л.Денн). Я стал его пролистывать и понял, что все для меня ново и интересно! Я прочитал учебник от корки до корки, мало того, проработал его так, будто готовился к экзамену. Меня поразило, что этой науке всего 30 лет от роду, а сколько интересного сделано, сколько тайн природы открыто! Я понял, что у генетики большое будущее. Любовь, внезапно вспыхнувшая тогда к ней, осталась на всю жизнь.

Практику студенты проходили в Среднеазиатском научно-исследовательском институте шелководства (СНИИШ). В нем был создан отдел генетики и селекции, в котором группой гибридизации руководил Борис Львович Астауров. Там изучали

мутагенез, вызванный ионизирующими излучениями, и активацию яиц тутового шелкопряда к искусственному партеногенезу и андрогенезу.

Меня больше всего заинтересовала стимуляция неоплодотворенных яиц шелкопряда к девственному, партеногенетическому, развитию. Оказалось, что этой проблемой, помимо Бориса Львовича, занимались и другие выдающиеся биологи того времени, и особенно интенсивно — Николай Константинович Кольцов.

В студенческом общежитии я стал активировать партеногенез центрифугированием, но закономерностей в вариантах опыта не обнаружил. Не нашел их и Борис Львович, которому я рассказал о своем эксперименте. Позже он повторил мой опыт, но ожидаемых мной результатов не получил, о чем сообщил в печати. Так печально завершилось мое первое знакомство с Астауровым.

Это не остановило Вас? Ведь авторитет Астаурова был очень высок.

Все сложилось удачно благодаря Михаилу Ильичу Слониму, читавшему курс генетики в нашем учебном заведении. Он счел, что после окончания института я должен остаться на преподавательской или научно-исследовательской работе. Трамплином могла бы послужить лаборантская должность. И я был зачислен одновременно в четыре места, т.е. везде, где работал Михаил Ильич. В качестве дипломной темы я выбрал искусственное осеменение тутового шелкопряда, поскольку понимал, что так можно кардинально решить проблему диаллельных (двойных) скрещиваний. Работа оказалась очень непростой, пришлось сначала до тонкостей изучить анатомическое строение половых органов насекомых и весь процесс осеменения яиц в теле самки. Весьма кропотливые и сложные эксперименты я вынужден был проводить без Михаила Ильича (этим летом он лечился в Кисловодске, а вернувшись, приболел и не приходил в институт), сам решал все вопросы, даже те, что были давно решены, но я этого не знал.

Защита диплома закончилась чтением лестного для меня отзыва рецензента, где говорилось, что я сделал целый ряд открытий. Это был серьезный шаг на пути к работе в одном из институтов.

Доходя до всего сам, без посторонней помощи, я почувствовал интерес, скорее, страсть к открытию тайн природы и управлению ее процессами. Поистине, это было вторым решающим моментом в жизни, окончательно определившим мои устремления и судьбу.

Дипломная работа была опубликована в виде обширной статьи в «Журнале общей биологии», а впоследствии дважды защищена в качестве диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

Что значит — дважды защищена?

Эта история связана с лысенковщиной. Первый раз я защитился в 1947 г., доработав небольшие



Студент третьего курса.

разделы диплома, второй — через пять лет. Повторная защита понадобилась потому, что нас с женой (она тоже была генетиком, селекционером), единственных в СССР, лишили уже защищенных кандидатских степеней, а заодно и ученых званий за отказ принять лысенковское «учение». Жену к тому же уволили, а меня, в связи с крупными научными достижениями оставили... на должности младшего научного сотрудника.

После окончания института Вы сразу погрузились в науку?

Нет, меня назначили на должность заведующего опорным пунктом САНИИШ, но тематика мне не понравилась. Я мечтал о серьезных и сложных экспериментах, в которых можно было бы разрешать трудные проблемы биологии и практические задачи, а тут — выкармливание разных пород шелковичных червей и приготовление гибридной грены для производственных испытаний. К тому времени Астауров искал методы получения абсолютно гомозиготных самцов с помощью мейотического партеногенеза (а также гиногенеза и андрогенеза). Борис Львович еще раньше разработал метод амеиотического партеногенеза, позволявший получать одних гетерозиготных самок, а ведь с практических позиций куда выгоднее разводить самцов: гусеницы-самцы съедают на 20% меньше листа шелковицы, а завивают коконы, в которых содержание шелка на 20% больше. Я рассчитал, что начать нужно с разработки способа получения андрогенетического потомства, а потом двигаться дальше — искать метод получения потомков от двух отцов. Идея, по правде

сказать, фантастическая — еще никто даже не предлагал возможного решения такой проблемы. Она казалась мне настолько заманчивой, что я перешел в младшие научные сотрудники сектора селекции и генетики со своей программой исследований, кстати, одобренной ВАСХНИЛ. Было это в 1937 г.

Это ведь год разгула арестов. Вас не коснулись ужасы той поры?

К счастью, вихрь арестов лично меня только обдал ледяным холодом. Как-то меня вызвали в кабинет директора, куда через некоторое время буквально влетел энергичный человек из НКВД и произнес единственное слово — «Где?». Директор подвел всех присутствовавших к недавно вывешенной в коридоре стенгазете, в которой я занимался художественным оформлением. По требованию незнакомца мастер по оптическим приборам Шустерман, человек в летах и, на мой взгляд, положительный, начал невнятно что-то объяснять и показывать на нарисованное мной красное знамя на заголовке газеты. Оказывается, он углядел на знамени профиль Троцкого и донес в НКВД. Даже изощренный в поисках «компромата» человек из столь грозной организации не смог увидеть того, что заметил мастер оптики. И мое «дело» не состоялось. Только позже я испытал настоящий страх. А Шустерман вел себя так, будто ничего и не случилось.

Но в нашем институте, да и других тоже, расправились со многими. Арестовали двух переводчиков с японского; профессора Э.Ф.Пояркова, который был доктором Парижского университета и к тому же ездил в Японию; Н.К.Беляева и Михаила Ильича. Он сидел в подвале Ташкентского НКВД. Видимо, его брат, Моисей Ильич Слоним, врач, лечивший местную партийную верхушку, хлопотал перед властью имущими за Михаила Ильича, и благодаря этому была создана Союзная комиссия по разбору его дела о вредительстве. Основные обвинения были до смешного нелепыми, например: «в целях вредительства М.И.Слоним перед взвешиванием коконов одной семьи (потомки одной пары родителей) выбраковывал единичные очень мелкие коконы и таким образом искусственно завышал общий вес семьи». По законам вариационной статистики выбраковка «исключительных» коконов не только возможна, но и необходима. К сожалению, нашлись научные сотрудники, которые из страха перед НКВД подтвердили на заседании комиссии справедливость выдвинутых обвинений во вредительстве. Я был изумлен, когда эти же люди на моих глазах подобострастно поздравляли Михаила Ильича с освобождением.

Не миновала злая доля и моих близких родственников. Снова арестовали вернувшегося из заключения в 1932 г. отца. Туманно написанным письмом нас известили, что он приговорен к тюремному заключению без права переписки. Тогда уже многие знали, что это означает. Позже пришло сообщение, что он умер от рака печени. Только че-

рез 60 лет моя сестра получила письмо от незнакомой женщины, в котором она спрашивала, не родственник ли ей Чехов Иван Евгеньевич. На печатном бланке Воронежской епархии значилось, что он был расстрелян 23 октября 1937 г.

Та же участь постигла и моего дядю Константина, всю жизнь занимавшегося хлебопашеством. Младший его брат Александр, агроном, остался жив. Сестра его жены вышла замуж за человека, который заведовал районным отделом НКВД. В доме их в это же время жил Александр со своей семьей, благодаря чему и не пострадал.

Не за горами была война. Вы участвовали?

Да, и попал прямо со срочной военной службы. Я оказался в рядах Красной армии переростком — 25-летним. Служил в дивизии, которая в 1940 г. прошла всю Бессарабию от Днестра до Дуная, вернулась в Одесскую область, а в первых числах июня 41-го была в каком-то молдавском селе. Наш полк ночью 22 июня подняли по тревоге, и мы простояли на площади до 12 часов дня, когда Молотов объявил по радио о внезапном нападении на нашу страну фашистской Германии. На другой день мы заняли позиции недалеко от пограничной станции Унгены, уже оккупированной немецкими и румынскими солдатами. По приказам наш полк то отступал, то возвращался на старые позиции, и в результате мы потеряли возможность пробиться в Одессу. На второй день путь к ней перекрыли румынские войска. Мы начали рыть окопы под градом пуль, в живых осталось человек двадцать. И тут появился какой-то политрук. Мы побежали за ним в сторону противника, стоявшего в рост, цепью, и на ходу стреляли. В центре нашей бегущей толпы взорвался снаряд, политрук упал замертво, а я с ранениями в руки, ноги и поясницу ползком добрался до канавы, где уже было несколько наших, здоровых и раненых. Что было потом, не помню. Очнулся, когда нас уже окружили и приказали идти в сторону густого сада. Для нас война кончилась. Началась жизнь, если ее можно так назвать, военнопленных. Голод, грязь, вши, эпидемия дизентерии — все было. Раны лечили керосином.

Нельзя было понять, пытаются ли румынские охранники уничтожить нас не бросающимися в глаза способами или все наши беды от их полной организационной несостоятельности. В морозный рождественский день 1941 г. охранники заставили нас раздеться и поливали холодной колодезной водой. Как никто из нас не заболел воспалением легких — уму не постижимо. Умирать продолжали от истощения. Или еще случай. Однажды нас отправили на полустанок, где стоял санитарный поезд, приказали раздеться и сдать вещи в «вошебойку». В вагончиках под душем с горячей водой мы отмывали «вековую» грязь, расцарапывая тело до крови. А когда вышли, одежда еще не прожарилась, и пришлось долго ждать ее под холодным ветром и снежной крупой. Наконец оделись и вернулись

в «яму», которая служила нам жилищем, а там ожидали перемешанные с соломенной трухой изголодавшиеся вши. Какой был прок от нашего мытья, чем объяснить такое?

А однажды мне приказали исполнить роль палача. Пленный чем-то провинился, и его должны были наказать 25 ударами розог по тому месту, на котором человек обычно сидит. Ну разве мог я кого-то отхлестать? И я сослался на то, что мое воспитание не позволяет бить своего товарища. Полковник, руководивший экзекуцией, взбесился. По его команде жандармы свалили меня на землю, предварительно спустив брюки, один сел на плечи, другой на ноги. Полковник лично, со всей силой, а ее было в избытке, и с особым рвением стал сечь меня с отяжкой очень гибким, граненым хлыстом. Хорошо, что полковник запыхался и бросил свое занятие примерно на 15-м ударе. Последствия моей строптивости сказались быстро. Наступила осень, пленным не имевшим обуви, стали выдавать старые изношенные армейские ботинки. Мне не выдали.

В конце декабря нас перебросили в Бессарабию. Шли пешком, а я с несколькими доходягами, уже не способными передвигаться, ехал в санях — из-за «босой» жизни зимой ноги стали плохо разгибаться.

Но неожиданно пришло небольшое облегчение. Я заделался самозванным лекарем, благо всегда чувствовал влечение к медицине, да и было у кого поучиться — среди близких родственников было немало врачей. В один морозный день к нам зашел удивительно красивый холеный офицер, видимо, очень крупного ранга и захотел ознакомиться с нашим медицинским пунктом и состоянием больных. Меня здесь считали старшим, я и рассказывал о болезнях пленных офицеру, как я догадался, медику. У одного больного я определил приступ аппендицита, и за невозможностью операции в наших условиях положил на живот две бутылки со снегом. Доктор с моим диагнозом и лечением согласился и попросил, чтобы я ему показал соседний дом, в котором будет проводиться прием больных. Мы вышли во двор, он остановил свою довольно многочисленную свиту, и мы пошли вдвоем. Вдруг он мне по-русски: «Володя, дела плохо. Немцы взяли Ростов». И тут увидел, что я иду босой. Он приказал коменданту лагеря немедленно обуть и одеть меня и освободить от конвоя. Кем был на самом деле мой спаситель, не знаю.

Жизнь пленника закончилась с приходом нашей армии?

Мы освободились сами в 1944 г., вскоре после падения в Румынии фашистского режима Антонеску. Русские военнопленные, находившиеся в лагере г.Тимишоары, захватили железнодорожный состав и принудили начальство станции отправить его на восток навстречу советским войскам. Потом мы шли пешком, и когда встретились с нашими солдатами, радости не было границ. К нам тепло отнеслись, хотя мы и были пленными. Говорят, враждеб-



Военнопленный. Карандашный рисунок сделан в 1943 г. художником Бураком.

ностью грешили только тыловики, ни разу не бывавшие в боях.

Неужели контрразведка не проявила к Вам интереса?

Меня допрашивали, конечно, но все прошло гладко, и я попал на фронт. Тогда для меня и началась настоящая война, так как в сражении под Унгенами в 1941 г. я ведь участвовал всего лишь 10 дней. За восемь боевых месяцев в нашем полку сменилось четыре пополнения, а меня, наверное, охранял ангел с крылышками. Мир наступил на неделю позже 9 мая, потому что полк участвовал в боях с крупными подразделениями не капитулировавших немцев, которые остались в чехословацких лесах. А потом пронесся слух, что нас отправляют на Дальний Восток воевать с Японией. Но, к счастью, меня это миновало, я был демобилизован.

И Вы через всю Европу — к своей генетике и шелкопряду, в Ташкент? Или к родным?

Я отправился в Ташкент, в институт. О родных я ничего не знал, где они, что с ними. Зато их и институтских известили, что я погиб, бросившись под вражеский танк со связкой гранат. Представляете, каково было мое появление перед коллегами? Я списался с тетей, а она сообщила остальным родственникам. От нее я узнал, где находится мама, но вырваться туда хотя бы на несколько дней, не узнав политической обстановки, побоялся.



В лаборатории, во время приезда Я.Тадзимы в Институт биологии развития.

В институте Вы продолжили предвоенные исследования?

Сначала я доработал дипломную тему и защитил кандидатскую диссертацию.

Но ведь уже начались годы царствования Лысенко, а предмет Вашего научного интереса — генетика. На периферии удавалось ею заниматься?

У нас было так же, как в любом другом месте страны. Генетика, одна из самых сложных, перспективных и удивительных по красоте наук была растоптана, отрезаны пути к развитию ее самых завлекательных направлений теоретического и практического значения. Растоптана и моя жизнь, поскольку одной из главных ее устремлений были генетические исследования. Жизнь к тому же наполнялась изнуряющим страхом и особой его разновидностью — страхом перед карающим мечом органов безопасности. Злокачественность страха тем более ужасна, что обьятый им человек никого не может просить о помощи или хотя бы надеяться на сострадание. Он должен хранить страх внутри себя как величайшую тайну, иначе будет приобщен к врагам народа со всеми вытекающими последствиями. Не испытавшим на себе этого чувства трудно представить его всеобъемлющую силу.

О временах лысенковщины уже столько написано, столько приведено нелепых высказываний самого Лысенко, что нет никакого желания повторяться. Но все же не могу не привести отрывок из его выступления у нас в институте. «В освоенных далеких степях Казахстана создали водоемы. Через некоторое время там появилась рыба, лягушки и другие водные животные. Говорят, что они возникают из яиц, занесенных птицами. Ерунда все это. Ищите их родителей ближе. Это барсуки или суслики породили новые виды.» А вот образец общебиологических представлений Лысенко, которые он изложил в отчете (такие отчеты о научной

и общественной деятельности академики представляли ежегодно в президиум Академии наук): «...живое является тем неживым, которое стало живым и которое обладает врожденным тяготением, потребностью (наследственностью) в том неживом, которым оно было, пока не стало живым». По моему, комментарий не требуется.

Докторскую диссертацию Вы защищали при Лысенко? Наверное в ней не было классической генетики?

Материала, не имеющего прямого отношения к ней, вполне хватало для диссертации. Однако у меня возникла дерзкая мысль открыто включить все генетические исследования — с описанием и обозначением хромосом, генов и комбинаторики их передачи потомкам. Это был бы вызов Лысенко. Я решился на этот рискованный шаг и даже надеялся на успех, чувствуя проявления у лысенковцев не то страха, не то осторожности. Правда, одно из основных направлений работы — выведение маркированных по полу пород — было поручено мне Советом Министров СССР и Академией наук, и возражать против этого не осмелились ни Лысенко, ни ВАСХНИЛ, хотя такую новость встретили с ненавистью. В своем институте я защитил диссертацию успешно, а потом ВАК присудила докторскую степень даже без рецензирования, на основании 68 положительных отзывов, поступивших в комиссию.

Вы уже давно распрощались с Ташкентом, когда это случилось? Не было ли причиной землетрясение 1966 г.?

Нет, оно не было причиной, решение зрело постепенно, при агитации Бориса Львовича. А он стал активнее в этом отношении действительно после землетрясения. Уже будучи директором Института биологии развития, он прилетел к нам и пригласил меня и жену работать на экспериментальной базе института — Кропотовской биологической станции, которая находилась на берегу Оки в 12 км от Каширы. На этой биостанции в свое время проводили исследования многие выдающиеся биологи, в том числе и Кольцов. А когда мы побывали в пущинском академгородке и насладились природными прелестями, наше решение о переезде в Москву укрепилось. И в 1968 г. мы, зачисленные в лабораторию Астаурова, где в то время занимались разработкой методов регуляции пола у животных, уже обживали московскую квартиру. Мы с женой решили продолжать исследования на тутовом шелкопряде, но начать пришлось с насаждения плантации шелковицы, чтобы выкармливать гусениц. За мной осталось руководство двумя организованными мной лабораториями — в Среднеазиатском институте шелководства и Ташкентском университете. Сотрудникам лабораторий предстояло довести до практического применения те результаты фундаментальных исследований, что уже были на-

ми получены. А в Москве мы продолжали разрабатывать новые искусственные способы размножения шелкопряда, чтобы выводить племенные клоны с нужным генотипом, скрещивать производителей в разных вариантах. И все это — для увеличения выхода шелка.

Создается впечатление, что Вы можете «играть» на геноме шелкопряда, как виртуоз на фортепьяно, и конструировать новые генотипы, добываясь невероятного. Основа всего — Ваши методы искусственного размножения?

Безусловно. Эти методы — амейотический и мейотический партеногенезы, гиногенез, диспермический и моноспермический андрогенезы, полиплоидизация и деплоидизация — имеют огромное значение не только для пополнения теории биологии развития, но и для экспериментальной генетики, так как позволяют создавать различные генотипы, позволяющие создавать ранее не существовавшие в природе формы.

Осуществленные Вами генетические перестройки не видны стороннему человеку, они скрыты в организме невзрачной бабочки. Нельзя ли представить результаты Ваших генетических работ так, чтобы их могли понять неспециалисты?

Можно вообразить символический парад, например, такой. Первые две колонны — исторические: сначала пролетают юркие, с поднятым брюшком, бабочки. Это — дикая форма, прародитель современного шелкопряда. Во второй колонне малоподвижные, грузные бабочки, уже не способные летать. И не мудрено, ведь более 50% состава их тела уходит на построение шелкового кокона, в то время как у дикой формы эта величина не превышает 3–4%.

Дальше идет группа исключительно хилых бабочек-самок. Это первые в мире клоны животных, полученные русскими учеными еще в 30-х годах прошлого столетия.

А следом такие же по происхождению бабочки, но уже в прекрасном состоянии, с высокой жизнеспособностью. Это уже наше изделие конца XX в. Они появились на свет без участия отцов.

В очередной колонне — мелкие и медлительные самцы, тоже безотцовщина, но зато они обладают необычным по структуре наследственным аппаратом, который исключительно важен для новых генетических исследований.

Потом движутся не менее замечательные по генетической структуре самцы, появившиеся на свет без вмешательства генетического материала мамы, вся наследственность им досталась только от отца.

Далее маршируют самцы, которые не имеют матери, но зато возникают сразу от двух отцов! Над ними развивается плакат с требованиями об изменении закона о выплате алиментов не одним, а двумя отцами.

Но это не предел возможностей экспериментатора: в следующих двух колоннах идут дети, рожденные одновременно мамой и двумя или тремя (а если нужно, то и четырьмя) отцами.

Наконец, подходит колонна внешне и генетически одинаковых близнецов женского и мужского пола. Они схожи между собой как человеческие близнецы — это искусственно созданный нами вечный клон! Он нормально размножается в себе, но признаки его практически не изменяются в ряду бесконечных поколений.

И почти в самом конце парадных колонн видны уроды: левая часть тела у них мужская, а правая — женская.

Но вот устанавливается тишина, а затем слышится нарастающий грозный гул: движутся самцы с плакатом «Генетическая бомба». Если выпустить этих самцов в природу, все браки их с нормальными самками приведут к рождению только одних «мальчиков». Численное их превосходство над самками в популяции постепенно будет нарастать, пока тех практически не останется и вид не исчезнет. Военные некоторых стран уже помышляют о создании генетических бомб, способных в будущем избирательно уничтожить заранее намеченные нации, а у шелководов она уже есть, и с беспощадной точностью уничтожает самок. Как следствие этого, гибнет и весь вид вредных насекомых.

Применяется ли что-нибудь сейчас из разработанных Вами методов и созданных генотипов, где, кем? Как оценивают специалисты — наши и зарубежные — результаты Ваших «шелковых» достижений?

Наиболее экономически эффективным следствием разработки искусственных способов управления размножением и наследственностью оказались генетическая маркировка яиц по полу и получение потомства одного мужского пола. Генетическая маркировка позволяет быстро разделять по цвету яйца женского пола (они темные) и мужского (светлые) и благодаря этому точно и без больших трудовых затрат приготавливать межсортовые высокопродуктивные гибриды. Выведение же только мужского потомства, во-первых, повышает выход шелка-сырца примерно на 15 %, а во-вторых — составляет суть оригинального генетического метода борьбы с вредными насекомыми. Эти и другие разработки щедро финансировались и в Ташкенте, и в Москве, были широко внедрены в южных республиках СССР, где занимались шелководством. За каждое экономически эффективное изобретение выплачивались солидные денежные вознаграждения. Кроме того, я не обделен и правительственными наградами. У меня несколько орденов, много медалей, в основном серебряных, но были и две золотые: одна — медаль ВДНХ, другая — имени И.И.Мечникова. Мне она была особенно дорога, потому что мое детское увлечение наукой началось после рассказа родителей об ученых, в частности,

о Мечникове. К моему великому огорчению, теперь у меня только бронзовый дубликат этой медали, золотой оригинал, весивший 100 г, был похищен проникшими в квартиру среди бела дня воровками-аферистками.

Проявляли интерес и иностранцы. Большой знаток проблемы регуляции пола, японский генетик с мировой славой Ятаро Тадзима, глава японских генетиков, проводивший исследования на тутовом шелкопряде, однажды посетил Институт биологии развития, чтобы ознакомиться с нашими работами. Поэтому директор, Астауров, и несколько сотрудников подготовили краткие доклады. У меня по каждой теме были заготовлены наглядные схемы регуляции пола у шелкопряда, которые подкреплялись кладками живых яиц, маркированных по полу. Когда я показал первую кладку из темных яиц с женскими зародышами и из желтых — с мужскими, по выражению лица гостя понял, что это его удивило. Он заинтересовался жизнеспособностью маркированного материала, так как в Японии тоже велось такое исследование, но еще не было окончено. А после демонстрации кладки, состоящей, наоборот, из темных яиц мужского пола и светлых — женского, Тадзима вскочил со стула и воскликнул: «Мы 20 лет работаем в этом направлении, но совершенно безуспешно!» И попросил подробнее рассказать о нашем способе маркировки яиц с мужским зародышем темного цвета.

Знаменитого японского генетика удивил и способ получения только мужского потомства с помощью сцепленных с полом леталей, особенно результат: 99.8% самцов и лишь 0.2% самок. В такую возможность он не верил, а когда я привел конечную генетическую формулу, где фигурировал самец, у которого в обеих Z-хромосомах было по одной неаллельной летали, Тадзима с некоторым торжеством заявил, что такого самца не может быть. По поводу моих методов получения двухлетальных самцов он весьма эмоционально воскликнул, что это настолько изумительно, что скорее пригодно для научно-фантастического рассказа. Но потом я убедил Тадзиму в теоретической реальности получения двухлетальных самцов. А чтобы он полностью смог разобраться в методах и технике получения только мужского потомства, нам пришлось встречаться еще пять раз, причем собеседования наши были очень продолжительными. Тема так увлекла Тадзиму, что, как рассказывал его гид и переводчик М.Б.Евгеньев, даже у прилавка универмага японский генетик вдруг спрашивал, как делается то или иное. Прощаясь, он обещал рассказывать и писать о моих работах у себя на родине, и слово свое сдержал.

Интересовались и другие японские ученые, уточняли некоторые детали наших экспериментальных работ. Но исследования чисто практического направления их более не интересовали, так как Япония прекратила заниматься шелководством. Пальма первенства перешла к Китаю, где про-

изводится около 80 % мирового количества коконов. Поэтому удельные объемы внедрения научных достижений определялись по использованию изобретений именно в Китае. Эта страна приобрела у нас породы шелкопряда, маркированные по полу на стадии яйца, и линии, дающие только мужское потомство. Генетические свойства наших линий китайские специалисты передали своим породам и считают, что благодаря этому в Китае достигнут серьезный прогресс в шелководстве. Убедившись в реальности массового получения одного мужского потомства, они приобрели эту нашу технологию и сейчас интенсивно работают над созданием двухлетальной линии хлопковой совки — самого вредного в Китае насекомого.

Сообщество чешских, немецких и английских ученых вывело аналогичные линии мельничной огневки, и, таким образом, доказательства того, что можно управлять полом чешуекрылых, пополнились. Не скрою, технология получения таких линий сложна и отпугивает генетиков-энтомологов. Но она совершенствуется, чтобы стать доступной для широкого круга генетиков. Если освоить этот самый экологически чистый метод борьбы с насекомыми, его использование дало бы колоссальный экономический эффект. Решение этой проблемы находится под контролем МАГАТЭ.

А что с гетерозисом, вернее, с его закреплением в потомстве? Ведь совершенно парадоксален и потому особенно интересен генетикам сам способ — близкородственное скрещивание. Неужели и гетерозис не привлек внимания нашей научной, академической, общественности?

Действительно, мы разгадали тайну гетерозиса и специальной селекцией на жизнеспособность с последующими возвратными скрещиваниями сумели добиться того, что он не затухает, а усиливается, по сравнению с исходным гибридом, в череде поколений шелкопряда. В связи с закреплением гетерозиса в потомстве опыты по отбору на жизнеспособность выполнены на ячмене, горохе, дроздофиле, проводятся эксперименты на рисе. Но до широкомасштабных изысканий в России дело не доходит из-за мизерного финансирования подобных работ. Исключение составляют тутовый шелкопряд и ячмень. А что касается закрепления гетерозиса, сулящего неслыханные выгоды, то у нас в России возникла очень сложная ситуация. Огромная экономическая значимость гетерозиса очевидна всем. Наш патент и несколько статей, доказывающие эффективность метода закрепления гетерозиса, не подвергаются сомнению ни в печати, ни в устных выступлениях. Правлением Совета по генетике и селекции проверена эффективность на коммерческих гибридах тутового шелкопряда. Осталось провести исследования на растительных объектах, особенно на культурах, которые не поддаются промышленной гибридизации. Но все попытки организовать квалифицированные испытания этого

метода безуспешны в основном из-за недостатка финансирования. Правда, получен грант от Российского фонда фундаментальных исследований на испытание способа закрепления гетерозиса у риса, но финансовое обеспечение настолько скудно, что рассчитывать на успешное завершение исследований не приходится.

Но в мире так много деловых людей, способных увидеть в чужом изобретении большую выгоду для себя. У Вас, наверное, нет отбоя от желающих купить патент на этот метод?

К сожалению, на нашем изобретении пагубно сказались развал науки в России. Сразу после опубликования статей на русском и английском языках о способе закрепления гетерозиса и российском патенте на него одна из американских фирм сообщила, что заинтересована в этом изобретении, но переговоры о его использовании возможны только после патентования во всех странах мира, занимающихся возделыванием зерновых. И когда я объяснил, что не найдется необходимой суммы на столь обширное патентование, то получил ответ: «Но Вы же за это изобретение получите миллионы!» Согласие на широкое патентование мы от Академии не получили. Следовательно, за использование изобретения нам не скажут даже вежливого «Спасибо», мы можем и не узнать ничего — кто же станет разглашать подобные сведения.

Печальна судьба российских изобретений. Мы пытались заинтересовать Академию наук, но президент Ю.С.Осипов средств для испытаний не нашёл. Представители Научного совета РАН по биотехнологии до сих пор даже не выслушали мое предложение, видимо, потому, что для этого из-за моей болезни нужно было прийти ко мне в дом. Какой удивительный контраст: у меня дважды побывали вице-президент Сельскохозяйственной академии китайской провинции Чзэцзян и ее вице-губернатор. Намеревалась посетить даже целая делегация из 16 человек. Разместить в квартире такое количество гостей было бы трудно, и поэтому сговорились на посещении 8 человек. Так что кому интересно, тот находит возможность выяснить все при личной встрече. Поведение некоторых чиновников от науки создает впечатление, что наша страна не нуждается даже в таких изобретениях,

как способ борьбы с вредными насекомыми и метод закрепления гетерозиса.

В 1990 г. большой группе генетиков, и Вам в том числе, было присуждено звание Героя Социалистического Труда. Какова была формулировка в Указе Президента СССР?

Мне присудили звание «За особый вклад в сохранение и развитие генетики и селекции и подготовку высококвалифицированных кадров». Награды генетикам, чьи лица испещрили морщины, оставленные временем и пережитыми невзгодами, вручал президент Академии наук СССР Г.И.Марчук, М.С.Горбачев произнес небольшую поздравительную речь. Не верилось, что величайшая трагедия закончилась победой и на головы постаревших генетиков со следами колючек от терновых венцов легли лавровые венки.

Начав исследования на шелкопряде еще в студенческие годы, Вы продолжаете экспериментальную деятельность и донныне?

Да, это так. Впереди еще есть возможность пережить томительное, но приятное ожидание новых экспериментальных итогов. А что касается результатов наших прежних работ, то сейчас даже трудно перечислить возможные варианты их использования в фундаментальных исследованиях. Оригинальными методами искусственного размножения тутового шелкопряда можно получить большое число разнообразных, подчас невероятных, но важных для экспериментатора, генотипов. Значительная часть коллекции таких генотипов уже ждет своего часа, чтобы послужить науке. Некоторая доля передана в Узбекистан, Грузию, на Украину и в Китай. Несколько записанных, важных для практики, но не запатентованных идей я оставляю не опубликованными до более благоприятного времени для изобретательства в нашей стране.

Эксперименты продолжаются, и что удивительно, моя последняя в 2004 г. работа оказалась связанной с выяснением причин естественной смерти бабочек тутового шелкопряда. Это удивительно потому, что та же самая тема когда-то интересовала И.И.Мечникова и настолько поразила мое детское воображение, что я выбрал путь ученого-шелководы и никогда своему выбору не изменял. ■

Статьи В.А.Струнникова, опубликованные в «Природе»:

- Регуляция пола в практическом шелководстве. 1972. №7. С.36—47.
- Мейотический партеногенез у тутового шелкопряда и проблемы генетики и селекции. 1977. №1. С.57—71. (В соавторстве с Терской Е.Р.)
- Получение и перспективы использования генетических копий тутового шелкопряда. 1982. №1. С.57—68.
- Природа и проблемы гетерозиса. 1987. №5. С.64—76.
- Третья изменчивость. 1989. №2. С.17—27.
- Клонирование животных: теория и практика. 1998. №7. С.3—9.
- Гетерозис можно закрепить в потомстве! 2003. №1. С.3—7. (В соавторстве со Струнниковой Л.В.)
- Мат солнечным зайчиком. 2004. №4. С.75—78.

Космические исследования

Планы корректируются

В конце 2003 г. Европейское космическое агентство объявило о невозможности изыскать 205 млн долл. для завершения работ и запуска на орбиту обсерватории «Эддингтон», которая предназначена для поиска неизвестных планет вне Солнечной системы. По тем же причинам отложен до 2010–2012 гг. первый в истории эксперимент с посадкой на Меркурий исследовательского отсека, доставляемого аппаратом «Верри-Колумбо».

В планах обсерватории «Эддингтон» значились наблюдения за колебаниями яркости различных звезд (что указывало бы на существование обращающихся вокруг них планет, а регистрация слабых колебаний в излучении звезд свидетельствовала бы о внутреннем составе этих источников).

Крушению планов способствовала неудача при запуске модифицированной ракеты «Arian-5» — она привела к отсрочке вывода на орбиту аппаратов «Rosetta» (предназначенного для изучения комет) и «Smart-1» (для исследования Луны). Оказалось невозможным финансировать и создание научных приборов для космических обсерваторий «Гершель» и «Планк».

Невеселые новости пришли из Японии. Запущенный в декабре 2002 г. аппарат «ADEOS-2» («Advanced Earth Observing Satellite») — «Усовершенствованный спутник наблюдения Земли»; японское название «Midori-2») должен был проработать на околоземной орбите не менее трех лет. Но в ноябре 2003 г. отказал установленный на нем регистратор рассеяния излучений. Этот прибор был разработан в Лаборатории реактивного движения (Пасадена,

штат Калифорния) под руководством океанолога-конструктора Т.Лю (T.Liu) и предназначался для измерения скорости ветра в приповерхностном слое Мирового океана, для получения данных о распределении аэрозолей в воздушном пространстве и о других параметрах атмосферы. В связи с отказом прибора прервались и проводившиеся в Йокогаме под руководством климатолога Т.Мацуно работы по совершенствованию компьютерной модели, отображающей процессы образования и развития кучевых облаков и тропических штормов (без данных «ADEOS-2» отображение становится менее надежным). Это второй подобный случай: точно такой же прибор прекратил работу на борту «ADEOS-1». Стоимость ставшего почти бесполезным спутника составляет 630 млн долл.

Science. 2003. V.302. №5648. P.1130, 1131 (США).

Организация науки. Океанология

Требуются новые глубоководные аппараты

Специальный океанический комитет, созданный Национальной академией наук США, обращает внимание на то, что нынешние правительственные ассигнования явно недостаточны для исследований морского дна, которые сулят важнейшие фундаментальные и прикладные результаты.

Первой и неотложной задачей комитет, возглавляемый специалистом по физике моря Дж.Оркаттом (J.Orcutt; Скриппсовский океанографический институт в Ла-Холье), считает выделение 5 млн долл. на строительство аппарата с дистанционным управлением, который погружался бы на глубину до 7 тыс. м. Его создание облегчается и удешевляется тем, что

в качестве образца можно взять научную подводную лабораторию «Jason», которая находится в распоряжении Вудсхолского океанографического института и используется главным образом в Атлантике. Новый аппарат был бы призван изучать дно Тихого океана.

Назрела необходимость заменить и устаревший за 35 лет эксплуатации подводный обитаемый аппарат «Alvin». На этом судне-ветеране с экипажем из трех человек совершено в разных акваториях около 4 тыс. погружений, некоторые — до глубины 4,5 тыс. м. Значительная часть его научного и навигационного оборудования уже модернизирована или полностью заменена, но этого недостаточно, особенно с учетом сильно возросшей стоимости эксплуатации. На создание более совершенного подводного судна потребуется около 20 млн долл. Обсуждается и более дешевый вариант — постройка «привязного» или автономно действующего на дне аппарата, что возможно в случае применения сферического титанового корпуса, заимствованного у «Alvin», или путем приобретения подобного устройства у России.

Программа-минимум — использование арендуемых надводных и погружаемых средств для исследования хотя бы ограниченного числа объектов Мирового океана — будет обходиться в 30 млн долл./год, а более широкомасштабная потребует только для начала 270 млн долл. с ежегодным эксплуатационным бюджетом около 110 млн долл. Необходимо в ближайшее время построить хотя бы одно специальное надводное судно (70 млн долл.) и до 18 погружаемых аппаратов; в таком случае потребуется взаимодействие с иностранными научно-организационными кругами.

Science. 2003. V.302. №5648. P.1135 (США).

ОДИН ИЗ ТРОИЦЫ, ПРОЗВАННОЙ «ДЖАЗ-БАНД»

К 100-летию Дмитрия Дмитриевича Иваненко



Дмитрий Дмитриевич Иваненко
(1904–1994)

Трое молодых физиков Джордж Гамов (Джо), Лев Ландау (Дау) и Дмитрий Иваненко (Димус), именовавшие себя «Джаз-банд», стали ярким явлением в научной жизни Ленинграда конца 1920-х годов. Это была щедро одаренная троица, увлеченная наукой и неутомимая на шутки и розыгрыши. Каждому из них довелось внести классический вклад в науку, но судьба разбросала их в разные стороны и в прямом, и в переносном смысле. Перипетии жизни Георгия Антоновича Гамова и особенно Льва Давидовича Ландау многократно описаны. Что же касается Дмитрия Дмитриевича Иваненко, то наша публикация – по-видимому, первая попытка очертить контуры его биографии в контексте научных и социальных событий его времени.

На заре ядерной физики

Академик С.С.Герштейн

Институт физики высоких энергий, Протвино

В конце 20-х годов прошлого века в Ленинграде учились и работали три неразлучных друга — Георгий Гамов, Дмитрий Иваненко и Лев Ландау. К ним часто присоединялся и четвертый — Матвей Бронштейн. Вместе они восторгались квантовой механикой, зародившейся всего два-три года тому назад; вместе увлеченно работали и веселились, ходили на вечеринки, эпатировали солидных ученых своими шутками. Об этом периоде ярко написал сам Дмитрий Дмитриевич в очерке [1] (к сожалению, часть его воспоминаний, относящаяся к последующим годам, носит весьма субъективный характер). Их общая работа тех лет [2], посвященная построению теорий на базе одних лишь фундаментальных мировых постоянных (постоянной Планка \hbar , скорости света c , гравитационной постоянной G), которую недавно вернул из забвения академик Л.Б.Окунь, отвечает самым современным теоретическим устремлениям. Трех друзей можно видеть на фотографии участников Харьковской конференции по теоретической физике (одним из ее организаторов был Иваненко). По-разному сложились судьбы этих людей. М.П.Бронштейн — талантливый физик-теоретик и замечательный популяризатор науки — был расстрелян в 1937 г. Говорили, что его погубила фамилия, совпавшая с настоящей фамилией Троцкого. Л.Д.Ландау стал величайшим физиком-теоретиком, лауреатом Нобелевской

премии, одним из последних универсалов, внесших фундаментальный вклад в самые разные области физики. Г.А.Гамов, позднее эмигрировавший в США, генерировал гениальные идеи: объяснил законы радиоактивного α -распада и указал на термоядерную природу энергии Солнца и звезд; развил теорию горячей Вселенной, предсказав существование микроволнового (реликтового) излучения и поставив вопрос о нуклеосинтезе химических элементов. История науки XX в. не может обойтись и без имени Д.Д.Иваненко.

В 1982 г. в Париже состоялась международная конференция по истории физики элементарных частиц, среди участников которой были многие выдающиеся ученые, в том числе нобелевские лауреаты Ю.Швингер, Ц.Янг, М.Гелл-Манн и др. [3]. В качестве приложения к трудам конференции был опубликован список основополагающих работ в этой области, начиная с времен А.Авогадро (1776—1856) и до 1965 г. В списке перечислены теоретические и экспериментальные открытия, а также главные достижения в методике эксперимента. Среди результатов наших соотечественников были отмечены открытия черенковского излучения и принципа автофазировки В.И.Векслера; две работы Л.Д.Ландау (о двухкомпонентной нейтрино и комбинированной CP -четности); две — Я.Б.Зельдовича (о лептонном числе и сохранении векторного тока); две — И.Е.Тамма; статья Н.Н.Боголюбова и его соавторов о дисперсионных соотношениях; статья Б.Л.Иоффе, Л.Б.Окуня

и А.П.Рудика о несохранении зарядовой симметрии в слабых взаимодействиях и несколько других. Два пункта в списке содержат фамилию Иваненко. Первый из них с формулировкой «Нейтрон как элементарная частица» основывается на работе Д.Д.Иваненко [4] и последовавшей за ней В.Гейзенберга [5]. Второй — под названием «Различие между слабым и сильным взаимодействием» — на статьях И.Е.Тамма [6] и Д.Д.Иваненко [7].

Кризис электронно-протонной модели ядра

Следует напомнить современному читателю, насколько фундаментальными были упомянутые открытия и с каким трудом они были получены. В то время, согласно модели Э.Резерфорда, считалось, что ядра состоят из протонов и электронов. В основе данной модели лежали два экспериментальных факта: при ядерных реакциях с α -частицами из ядер вылетают протоны, а в радиоактивном β -распаде — электроны. В соответствии с классическими представлениями о составной системе ядро и должно было, казалось, состоять из этих частиц.

Квантовая механика и принцип неопределенности сразу поставили модель Резерфорда под сомнение. Во-первых, из соотношений неопределенности следовало, что для удержания электронов в пределах ядра необходимы необычайно большие силы, которые, согласно опытным данным, отсутствовали.



Участники конференции по теоретической физике в Харькове. 1929 г. В центре первого ряда — Д.Д.Иваненко, за ним во втором ряду стоит Л.Д.Ландау; справа от Ландау — Г.А.Гамов.

Но если электронов там нет, почему из ядер при β -распаде они вылетают? О том, что атомные ядра не могут содержать электронов, свидетельствовало также измерение магнитных моментов ядер, которые оказались в тысячи раз меньше магнитного момента электрона. Во-вторых, выяснилось, что в модели Резерфорда для некоторых ядер нарушается квантовомеханическое правило связи спина и статистики. Так, в ядре азота ${}^7\text{N}^{14}$, согласно данной модели, должно было содержаться 14 протонов и 7 электронов, т.е. 21 частица со спином $1/2$. В соответствии с квантовой механикой ядро ${}^7\text{N}^{14}$ должно было иметь полцелый спин и подчиняться

статистике Ферми—Дирака. Экспериментальное же изучение интенсивности вращательных спектров молекулы N_2 доказывало, что ядра азота подчиняются статистике Бозе—Эйнштейна, т.е. имеют целый спин (который оказался равным 1). Возникший парадокс был даже назван «азотной катастрофой». Чтобы от него избавиться, выдвигались даже гипотезы о неприменимости квантовой механики к ядру и делались попытки построить для ядерных явлений новую теорию. В этом отношении решающее значение имела работа Гамова, трактующая α -распад как квантовомеханический туннельный переход через кулоновский барьер

и тем самым впервые показавшая, что квантовая механика применима и к ядерным процессам. Однако две вышеуказанные трудности остались, и к ним следовало добавить третью: непрерывный спектр электронов в процессах β -распада, свидетельствующий, что в отдельных актах β -распада некоторая неопределенная часть энергии ядерного превращения как бы «теряется».

Для решения этих проблем Н.Бор предположил, что электроны, попадая в ядра, «теряют свою индивидуальность» и свой собственный момент — спин, а закон сохранения энергии выполняется только статистически, т.е. может нарушаться

в отдельных актах β -распада. В рамках таких представлений В.А.Амбарцумян и Д.Д.Иваненко высказали смелую гипотезу: β -электрон (потерявший свою индивидуальность и не существующий в ядре) *рождается* в самом процессе β -распада [8]. Вот как говорил об этом Дмитрий Дмитриевич на Всесоюзной ядерной конференции, состоявшейся в 1933 г. в Ленинграде с участием виднейших советских и иностранных физиков, в том числе П.А.М.Дирака, Ф.Жолио-Кюри, Ф.Перрена и др.: «Еще в 1930 г. на основании теории дырок Дирака была высказана мысль, что в ядре вовсе нет электронов. Испускание же β -частиц было предложено толковать как их «рождение» по аналогии с излучением фотонов». И далее: «Появление электронов, позитронов и пр. следует трактовать как своего рода рождение частиц, по аналогии с излучением светового кванта, также не имевшего индивидуального существования до испускания из атома» [9].

Для современного читателя должно быть ясно, что гипотеза Амбарцумяна и Иваненко о возможности рождения и исчезновения не только фотонов, но и любых частиц в результате их взаимодействий лежит в основе современной теории элементарных частиц.

Нейтрон как элементарная частица со спином 1/2

Надо сказать, что именно идея о возможности рождения β -электронов в процессе β -распада позволила Иваненко предположить, что ядра состоят из протонов и нейтронов. Но его гипотеза содержала и другое, не менее важное предположение, о котором пойдет речь ниже. У физиков моего поколения, не читавших оригинальных работ и не знакомых с дискуссиями, происходящими, например, на Ленинградской конферен-

ции, сложилось мнение, что после открытия Дж.Чедвиком нейтрона ничего не стоило предложить нейтронно-протонную модель ядра. Короче говоря, это мог сразу сделать любой физик. История убеждает, однако, что не сразу и не любой, поскольку создатель квантовой механики В.Гейзенберг предложил ту же модель вторым, после Иваненко, сославшись на него. Но и после работ Иваненко и Гейзенберга многое оставалось неясным. Об этом свидетельствует хотя бы дискуссия на упомянутой выше Ленинградской конференции 1933 г., состоявшейся уже после открытия нейтрона. Вопрос о строении ядра находился в центре внимания конференции. В докладе Перрена, например, наряду с протонно-нейтронной моделью ядра, рассматривалась возможность того, что протон состоит из нейтрона и позитрона (поскольку Чедвик ошибочно считал массу нейтрона меньшей, чем масса протона) или нейтрон состоит из протона и электрона (поскольку, согласно измерениям Жолио-Кюри, масса нейтрона оказывалась большей, чем масса протона). Такие модели вызвали вопрос о спине частиц. Но авторы ссылались на гипотезу Бора о потере электроном своей индивидуальности и, возможно, своего спина. Что же касается спина нейтрона, уже в первой своей работе [4] Иваненко предположил, что он равен 1/2. Это очевидным образом устраняло «азотную катастрофу»: ядро азота ${}^7\text{N}^{14}$, состоящее из 7 протонов и 7 нейтронов, должно было быть бозоном, как и следовало из опыта. Надо заметить, что предположение о наличии в ядре нейтральных частиц со спином 1/2 (присутствие которых может ликвидировать «азотную катастрофу») содержалось уже в известном письме В.Паули, где он в 1930 г. высказал гипотезу о существовании некой нейтральной частицы, вылетающей из ядра вместе с β -электроном, ускользя-

щей от наблюдения и обеспечивающей выполнение закона сохранения энергии в β -распаде. Другими словами, Паули отождествлял нейтральную частицу, вылетающую при β -распаде, с частицей, входящей в структуру ядра (т.е. с еще не открытым нейтроном). Именно из таких соображений Паули приписал ей спин 1/2. Эта гипотеза позволяла обеспечить выполнение закона сохранения не только энергии, но и момента. Вскоре Паули отказался от мысли, что входящая в ядро нейтральная частица со спином 1/2 в ядре и есть та частица, которая вылетает из ядра, поскольку экспериментальные данные давали для последней очень маленькую массу, сравнимую с массой электрона. После открытия нейтрона Э.Ферми назвал эту частицу «нейтрино» (или «нейтрончик», в переводе с итальянского).

Главным в короткой заметке Иваненко [4] была не только мысль, что нейтроны являются структурными элементами ядра, но и предположение, что они могут рассматриваться как элементарные частицы со спином 1/2. «Наибольший интерес представляет вопрос, насколько нейтроны можно рассматривать как элементарные частицы (чем-то подобные протонам или электронам)», — писал он. А в другой работе [10] уточнял: «Мы рассматриваем нейтрон не как систему электрона и протона, но как элементарную частицу. Это вынуждает нас трактовать нейтроны как частицы, обладающие спином 1/2 и подчиняющиеся статистике Ферми—Дирака».

К той же самой идее приходит Гейзенберг [5]: «Опытами Кюри и Жолио при столкновении их Чедвиком установлено, что в строении ядер важную роль играет новая фундаментальная элементарная частица — нейтрон. Это наводит на мысль, что атомные ядра построены из протонов и нейтронов и не содержат электронов», — пишет он и сразу же приводит ссылку на работу Иваненко [4].

Но Гейзенберг идет дальше: предполагая сходство нейтрона и протона при их взаимодействии в ядре, он вводит изотопическое пространство, позволившее рассматривать протон и нейтрон как различные состояния нуклона.

«Нейтрон в той же степени элементарен, как и протон», — произносит Дмитрий Дмитриевич на Ленинградской конференции. Данная фраза как нельзя лучше соответствует современным представлениям, когда ни протон, ни нейтрон не считаются элементарными, так как состоят соответственно из *uud*- и *udd*-кварков. На той же конференции Иваненко в качестве развития нейтронно-протонной модели ядра выдвигает предложенную им совместно с Е.Н.Гапоном [11] концепцию ядерных оболочек, сыгравшую фундаментальную роль в ядерной физике, вплоть до современного открытия Ю.Ц.Оганесяном и др. в Объединенном институте ядерных исследований острова стабильности ядер с $Z > 112$. Он замечает: «На кривой массовых дефектов относительно протонов и нейтронов (а не α -частиц) можно отметить некоторые более или менее резкие минимумы («кинки»), которые были в старой модели отмечены Зоммерфельдом. Эти скачки должны указывать на преимущественную стабильность данного элемента, и является заманчивым рассматривать ядра по аналогии с внешней оболочкой состоящими из заполненных слоев протонов и нейтронов, оставляя в стороне α -частицы: минимумы и будут указывать на образование заполненных слоев».

Надо сказать, что сразу же после открытия нейтрона Дмитрий Дмитриевич стал одним из первых энтузиастов в изучении структуры ядра. Он совместно с И.В.Курчатовым, М.П.Бронштейном и др. вошел в созданную А.Ф.Иоффе группу ядерной физики и был секретарем семинара, который начал работать в отделе Курчатова.

Слабое и сильное взаимодействия

Приняв протонно-нейтронную модель атомных ядер, не содержащих электронов, необходимо было объяснить, за счет каких сил нейтрон, не обладающий электрическим зарядом, удерживается в ядре. (Впрочем, такой же вопрос возникал и для протонов.) Тогда, напомним, были известны только электромагнитные и гравитационные силы. В гипотезе о вылетающей из ядра частице Паули наделил свою частицу (нейтрон = нейтрино) магнитным моментом, полагая, что за счет него эта частица может удерживаться в ядре. Он даже рассчитывал на регистрацию нейтрино по слабой ионизации, вызываемой его магнитным моментом в веществе. Гейзенберг предложил другую модель: нейтрон может виртуально испускать упакованный в нем, согласно гипотезе Бора, электрон (потерявший свой спин) и этот электрон может удерживать вместе нейтрон и протон, подобно атомам в молекулярном ионе H_2^+ . Аналогичным образом, взаимодействие двух нейтронов он предполагал осуществляющимся через два виртуальных электрона, как взаимодействие прото-

нов в молекуле H_2 . При всем несовершенстве модель Гейзенберга содержала очень ценную мысль, что силы взаимодействия нуклонов имеют обменный характер. Данная идея в дальнейшем сыграла важнейшую роль.

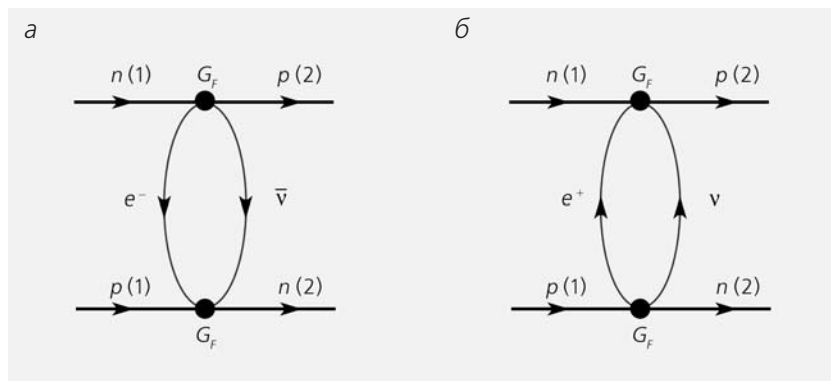
В нейтронно-протонной модели ядра необходимо было также решить проблему β -распада, т.е. появления электрона и нейтрино, не содержащихся в ядре. Это сделал Э.Ферми, осмелившийся в 1933 г. допустить, что помимо электромагнитного и гравитационного взаимодействий существует особое короткодействующее четырехфермионное взаимодействие, приводящее в ядрах к превращениям

$$n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}$$

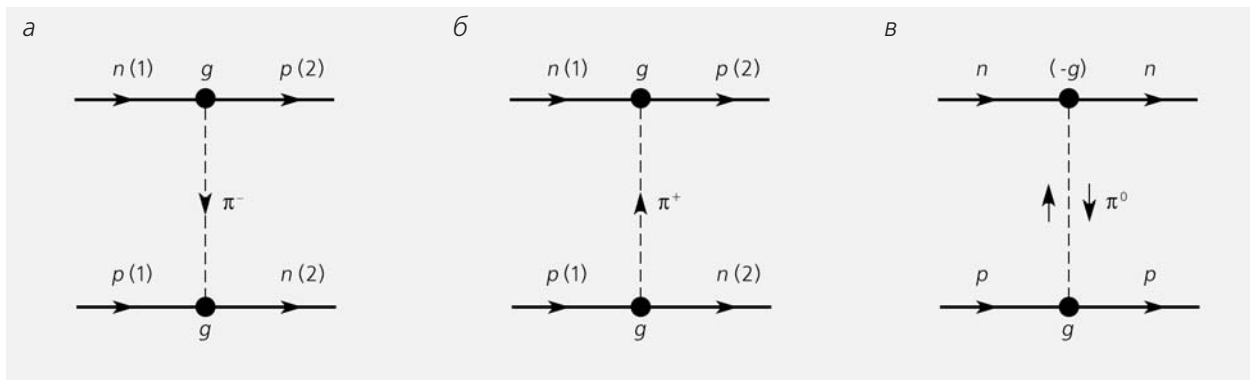
или

$$p \rightarrow n + e^+ + \nu,$$

т.е. нейтрона (n) в протон (p) с испусканием β^- -электрона и антинейтрино $\bar{\nu}$ или протона в нейтрон с испусканием β^+ -позитрона и нейтрино ν . Такая теория β -распада прекрасно описала наблюдающийся спектр электронов, а по времени жизни β -активных ядер оказалось возможным оценить константу G_F , определяющую величину β -взаимодействия.



Обменное взаимодействие между нейтроном n и протоном p , возникающее согласно идее Тамма [6] и Иваненко [7] благодаря β -силам. Нейтрон $n(1)$, испуская электрон e^- и антинейтрино $\bar{\nu}$, превращается в протон $p(2)$, а протон $p(1)$, поглощая электрон и антинейтрино — в нейтрон $n(2)$ (а). Протон $p(1)$, испуская позитрон e^+ и нейтрино ν , превращается в нейтрон $n(2)$, а нейтрон $n(1)$, поглощая пару $(e^+\nu)$ — в протон $p(2)$. G_F — константа, характеризующая β -силы (б).



Ядерные силы, которые возникают согласно гипотезе Юкавы в результате обмена π -мезонами. Нейтрон $n(1)$, испуская отрицательно заряженный π^- -мезон, превращается в протон $p(2)$, а протон $p(1)$, поглощая π^- -мезон, — в нейтрон $n(2)$ (а). Протон $p(1)$, испуская положительный π^+ -мезон, превращается в нейтрон $n(2)$, а нейтрон $n(1)$, поглощая π^+ -мезон, — в протон $p(2)$ (б). Взаимодействие нуклонов путем обмена нейтральным π^0 -мезоном обеспечивает вместе с обменом заряженными пионами зарядовую независимость ядерных сил (в); g — константа, характеризующая величину взаимодействия между нуклонами и пионом.

Непосредственно сразу же за работой Ферми И.Е.Таммом [6] и Д.Д.Иваненко [7] была независимо высказана гипотеза о том, что короткодействующее взаимодействие между нейтроном и протоном в ядре может осуществляться за счет обмена парой электрон-антинейтрино по схеме* $n \rightarrow p + (e^- \bar{\nu})$ и $(e^- \bar{\nu}) + p \rightarrow n$ (см. рисунок на предыдущей странице).

Предпринятые авторами оценки, основанные на экспериментально определенной константе β -взаимодействия G_F , показали, однако, что силы, возникающие между нуклонами за счет обменных β -взаимодействий, оказываются на 14–15 порядков меньше тех, которые необходимы для удержания нуклонов в атомном ядре. Казалось бы, авторов постигла неудача. Но работы Тамма и Иваненко стимулировали японского физика Х.Юкаву, сославшегося на эти работы, выдвинуть новую гипотезу.

* Мне приходилось слышать от старых сотрудников ФИАНа, что эта идея первоначально принадлежала И.Е.Тамму. Однако сам Игорь Евгеньевич пишет в своей статье [6]: «Эта же идея, совершенно независимо, возникла у моего друга Д.Иваненко, с которым у меня с тех пор появилась возможность обсуждать этот вопрос», а Иваненко в своей статье [7] ссылается на расчеты Тамма.

Юкава предположил, что взаимодействие между нуклонами происходит посредством обмена неизвестной ранее заряженной частицей, массу которой он предсказал, исходя из известного экспериментально радиуса действия ядерных сил** (см. рисунок). Она получилась равной около 300 масс электрона, т.е. лежащей между массами электрона и протона. Поэтому ее назвали мезоном. Что же касается силы неизвестного взаимодействия мезонов с нуклонами, то ее можно было оценить, исходя из требуемой величины ядерных сил. Безразмерная константа этого взаимодействия $g^2/\hbar c$ оказалась примерно на три порядка больше, чем безразмерная константа электромагнитного взаимодействия $\alpha = e^2/\hbar c \approx 1/137$. Так возникло понятие *сильного* взаимодействия, отличающегося на 14–15 порядков от *слабых β -сил*. Установление данного различия сыграло фундаментальную роль в дальнейшем развитии физики элементарных частиц после открытия мезонов,

** Позднее было показано, что для того, чтобы в соответствии с опытом ядерные силы не зависели от электрического заряда частиц, в обмене должна участвовать и нейтральная частица (см. рисунок).

странных частиц, их распадов и взаимодействий.

И вполне справедливо этот результат отнесен к важнейшим открытиям в физике частиц.

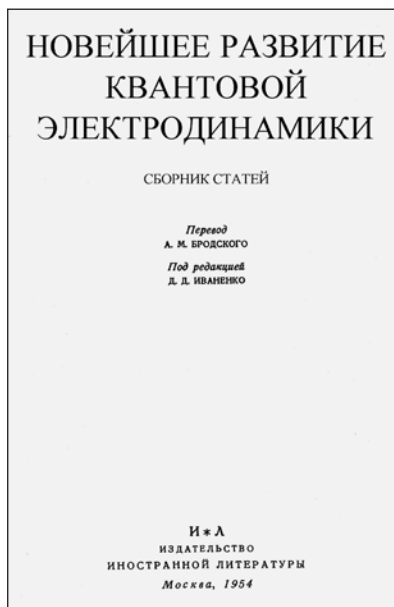
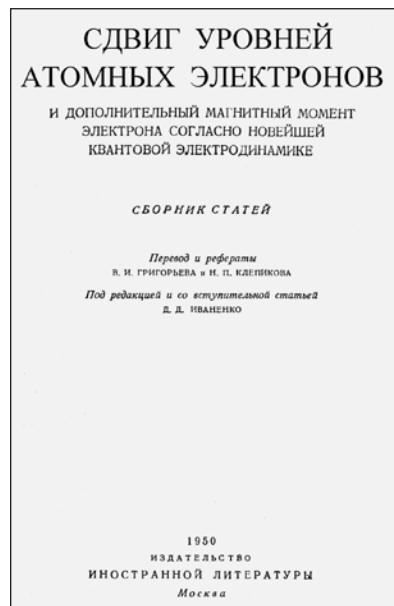
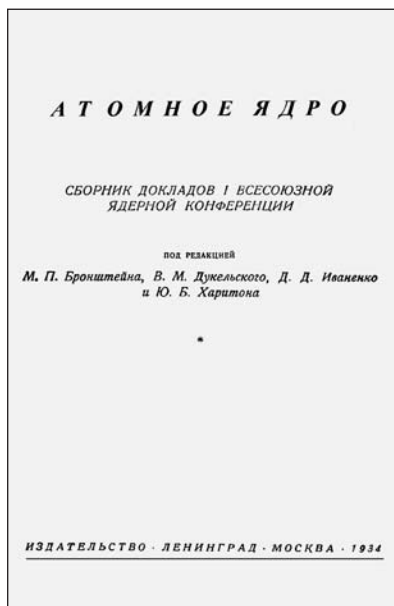
О синхротронном излучении и новых идеях

В последующие годы Дмитрий Дмитриевич активно развивал мезонную теорию ядерных сил, хотя для процессов сильного взаимодействия существовавший аппарат теории возмущений не позволял получить надежные результаты, и занимался построением оболочечной модели ядра. Важное значение имела работа, выполненная в 1929 г. совместно с В.А.Фоком, обобщающая уравнение Дирака на случай присутствия гравитационного поля. В совместной работе Д.Д.Иваненко и И.Я.Померанчука было предсказано, что в создаваемых ускорителях высокой энергии — синхротронах — должно наблюдаться (в том числе в световом диапазоне) излучение электромагнитных волн, испускаемых электронами, которые движутся в магнитном поле. После того как это «магнитно-тормозное излучение» (предска-

занное еще в 1912 г. А.Шоттом) было экспериментально открыто на электронных синхротронах, в мировую литературу прочно вошел термин «синхротронное излучение». Этот термин употребляется сейчас и для электромагнитного излучения, порождаемого электронами в магнитных полях различных космических объектов. Оно позволяет получить ценнейшие сведения о процессах, происходящих в космическом пространстве, с

помощью методов радио- и гамма-астрономии. Теория синхротронного излучения была развита в сотрудничестве Д.Д.Иваненко с А.А.Соколовым и его учениками, хорошо владевшими (в отличие от Иваненко) математическим аппаратом. За эти работы Иваненко, Померанчук и Соколов получили в 1950 г. Государственную (Сталинскую) премию. В дальнейшем синхротронное излучение и эффекты, связанные с ним, приобрели очень важное

значение для техники электронных ускорителей высоких энергий и коллайдеров. Наиболее крупные успехи в использовании синхротронного излучения были достигнуты учеными из Института ядерной физики в Новосибирске. Именно из-за потери энергии на синхротронное излучение проекты будущих электронных ускорителей-коллайдеров, рассчитанных на энергию в несколько тысяч ГэВ, предусматривают создание многокиломе-



Некоторые из книг, изданных по инициативе и при участии Д.Д.Иваненко.

тровых линейных, а не кольцевых, ускорителей. Широкое распространение в мире получило создание специальных электронных ускорителей в качестве источников направленного почти монохроматического рентгеновского излучения для рентгеноструктурного анализа конденсированных сред, биологических объектов, а также для использования в прикладных целях, например, создания элементов микроэлектроники.

Обладая большой физической интуицией, Дмитрий Дмитриевич сразу замечал самые интересные и перспективные среды новых направления физики и широко рекламировал их, издавая в русском переводе сборники основных статей, посвященных этим направлениям. Он, по-видимому, одним из первых в нашей стране оценил новейшее развитие электродинамики в конце 1949 г. и выпустил два сборника, содержащих переводы основных работ Ю.Швингера, Р.Фейнмана, Ф.Дайсона и др. Точно так же отреагировал он на возникновение калибровочных теорий, издав сборник «Элементарные частицы и компенсирующие поля». В начале 30-х годов под редакцией Иваненко вышли переводы на русский язык книг П.Дирака «Принципы квантовой механики» и А.Зоммерфельда «Квантовая механика». Иваненко активно участвовал в организа-

ции конференций по актуальным вопросам физики: в 30-е годы по физике ядра, а в последующие годы — по вопросам гравитации. Работая профессором физического факультета МГУ, он твердо защищал квантовую механику и теорию относительности от насмешек ретроградов и невежд, пользующихся большой поддержкой партийных бюрократов факультета, обвинявших эти науки в буржуазном идеализме.

К сожалению, большое негативное влияние на жизнь и научную деятельность Иваненко оказала его ссора с большинством друзей молодежи, в том числе с Таммом, Фоком и в особенности с Ландау, с которым они стали непримиримыми врагами. Дело осложнялось известным противостоянием руководства физического факультета МГУ с академической наукой. Используя лозунги о необходимости борьбы с буржуазным «физическим идеализмом» и соблюдении «принципа партийности» в науке, верхушке физфака удалось изгнать с факультета выдающихся ученых, таких как И.Е.Тамм, Г.С.Ландсберг и др. В результате всего этого Дмитрий Дмитриевич оказался изолированным от академической науки, и у него, всегда внимательно следившего за появлением новых идей и легко подхватывавшего их, не оказалось, за редким исключением,

коллег, способных на адекватном уровне эти идеи развивать. Одним из таких исключений были уже упоминавшиеся исследования по синхротронному излучению. За совместную с Иваненко работу Ландау даже «отлучил» Померанчука на некоторое время от участия в своем семинаре. Из-за противостояния АН СССР—МГУ и некоторых поступков самого Дмитрия Дмитриевича представители академической науки перестали цитировать его работы (или цитировали недостаточно полно, не подчеркивая, по мнению Иваненко, его приоритет в создании модели нейтронно-протонного строения ядра). С другой стороны, в борьбе за свой приоритет Дмитрий Дмитриевич неблагоприятно повел себя в идеологических кампаниях конца 40-х годов, направленных против «философского идеализма» и «космополитизма» (подробнее об этих драматических событиях см. [12]). О подобных фактах нельзя умолчать, если мы хотим иметь объективное, правдивое освещение истории отечественной науки, которая развивалась в условиях тоталитарного режима, господствовавшего тогда в нашей стране. Вместе с тем, именно в этих целях следует отдать должное работам и открытиям Д.Д.Иваненко, вошедшим в фундамент современной физики элементарных частиц и атомного ядра. ■

Литература

1. Иваненко Д.Д. Эпоха Гамова глазами современника / Гамов Джордж. Моя мировая линия. М., 1994.
2. Гамов Г.А., Ландау Л.Д., Иваненко Д.Д. Мировые постоянные и предельный переход // Журнал русского физ.-хим. общества, физический отдел. 1928. Т.60. С.13.
3. Proc. of Intern. Conf. of History of Part. Phys. Paris, 1982.
- 4*. Ivanenko D. // Nature. 1932. V.129. May 28. P.798.
5. Heisenberg W. // Z.S. f. Phys. 1932. Bd.77. S.1.
6. Tamm I. // Nature. 1934. V.133. June 30. P.981.
7. Ivanenko D. // Nature. 1934. V.133. June 30. P.981.
8. Ambarzumian V., Ivanenko D. // Comptes Rendus Sci. Paris, 1930. V.190. P.582.
9. Атомное ядро. Сб. докладов 1-й Всесоюзной ядерной конференции / Под ред. М.П.Бронштейна, В.М.Дукельского, Д.Д.Иваненко и Ю.Б.Харитона. Л.; М., 1934.
10. Ivanenko D. // Comptes Rendus Sci. Paris, 1932. V.195. P.439.
11. Гапон Е.Н., Иваненко Д. // Naturwiss. 1932. Bd.29. S.792.
12. Сонин А.С. «Физический идеализм». История одной идеологической кампании. М., 1994.

* Выдержки из статей [4, 5, 6, 7, 10] содержатся в сборнике: Нейтрон. Предыстория, открытие, последствия. М., 1975.

Д.Д.Иваненко — вне науки и политики

По рассказам Р.А.Куликовой-Иваненко

В семейном архиве Д.Д.Иваненко, у его вдовы Риммы Антоновны, сохранились, среди многочисленных рукописей, черновые наброски его автобиографии в разных, весьма похожих вариантах. Прочитываем начало одной из них, «Curriculum Vitae»:

«Я, Иваненко Дмитрий Дмитриевич, родился 29-го июля 1904 г. в г.Полтава, в учительской семье. После окончания школы там же работал учителем физики; закончил в 1927 г. Ленинградский университет и состоял год аспирантом (стипендиатом), затем сотрудником Физико-математического института Академии наук СССР. В 1929—1943 гг. работал в институтах и преподавал в вузах Ленинграда, Харькова, Томска, Свердловска, Киева; с осени 1943 г. по настоящее время состою профессором теоретической физики физического факультета Московского государственного университета им.М.В.Ломоносова. Заведовал кафедрами физики и теоретической физики в Ленинградском педагогическом институте, Харьковском механико-машиностроительном институте, в университетах Харькова, Свердловска, Киева; в Тимирязевской сельскохозяйственной академии и областном педагогическом институте в Москве».

Скупые строки не предназначались для глаз заинтересованного читателя. Гораздо больше удалось почерпнуть из беседы с Риммой Антоновной. Вот что она рассказала.

Отец Дмитрия Дмитриевича — Дмитрий Алексеевич — происходил из рода священников. Сам же Дмитрий Алексеевич, широко образованный человек, издавал газету «Полтавский вестник». Это было влиятельное и популярное издание откровенно монархического толка, чего впоследствии не могла не взять на заметку советская власть. Дмитрий Дмитриевич, будучи подростком, иногда писал в газету отца, но гораздо больше его занимали другие вещи. Он увлекался философией. Когда ему было 14 лет, он подарил отцу отрывок из Канта в своем переводе. В гимназии организовал философский кружок «Наука и жизнь», а уже потом увлечение философией переросло в интерес к физике.

Матушка Дмитрия Дмитриевича, Лидия Николаевна, в девичестве Слатина, — дворянского происхождения. По этой линии в семье преобладали чиновники высокого ранга. Одна из пятирех сестер Лидии Николаевны была певицей (ее записывали на граммофонные пластинки).

Дмитрий Дмитриевич был исключительно привязан к сво-

ей единственной сестре Оксане. Он любил повторять, что на их долю выпало очень счастливое детство. Они росли в большой городской усадьбе — обширном уютном доме, который располагался внутри прекрасного сада. Детей окружало внимание многочисленных родственников, которые жили в Полтаве, приезжали из Петербурга и других городов. Постоянно ходили в театры, выезжали на премьеры в Петербург и Москву. Выпускали семейные журналы. Устраивали домашние спектакли.

Дмитрий Дмитриевич, по воспоминаниям Риммы Антоновны, часто говорил, что, читая у Владимира Набокова описание детства, ощущал знакомую ему атмосферу.

Во время первой мировой войны в Полтаву был эвакуирован Варшавский университет (или по крайней мере его часть). Профессора этого университета стали преподавать в гимназии. Образование Дмитрий Дмитриевич получил превосходное. Свободно владел всеми основными европейскими языками.

Наступило революционное время. Дмитрий Дмитриевич, получив документ о завершении среднего образования, в 16 лет стал учителем в школе, где преподавал физику и математику.

Спустя год он поступил в Харьковский университет, но не



Отец Дмитрий Алексеевич и мать Лидия Николаевна (Слатина). 1898 г.



Оксана и Дмитрий. 1919 г.



Ленинградский университет. Семинар Я.И.Френкеля. Слева направо: И.И.Гуревич, Л.Д.Ландау, Л.В.Розенкевич, А.Н.Арсеньева, Я.И.Френкель, Г.А.Гамов, М.В.Мачинский, Д.Д.Иваненко, Г.А.Мандель. 1929 г.



Нильс Бор с женой в Доме ученых. Иваненко стоит третий слева. Ленинград. Май 1934 г.



На конференции в Дубне. Полемика Д.Д.Иваненко с И.Е.Таммом. Справа от Тамма В.Вайскопф. В следующем ряду второй слева Р.Пайерлс. 1964 г.



Япония. Киото. Международная конференция «Мезон-50». 1985 г. На одном из заседаний. Председатель Иваненко.

был удовлетворен уровнем преподавания и поехал в Москву, где познакомился и подружился с сыном Л.И.Мандельштама Сергеем, а в конце концов оказался в Ленинградском университете. Там он познакомился с Г.А.Гамовым (Джо) и Л.Д.Ландау (Дау). Об этой троице по прозвищу Джаз-банд написано уже довольно много. Предоставим слово Иваненко (Димусу):

«Ландау приехал в Ленинград в конце 1924 г., когда мы с Джо уже были знакомы и начали научные дискуссии, организовали неофициальный студенческий реферативный семинар. Некоторое время Дау производил впечатление провинциала, он забывал снимать свой картуз, выходя к доске на семинарах (где он сразу выдвинулся самым быстрым решением задач).

У нас троих установились на редкость дружественные отношения. В годы наиболее интенсивной совместной работы (1927 г. — начало 1928 г.) я приезжал к Дау каждый день (у него была отдельная комната в квартире родственников), переговариваясь с ним издали в случае гриппа и т.д. После окончания ЛГУ, будучи аспирантом Академии наук, в моих поисках комнаты меня сопровождал и Дау.

В 1927 г. мы с Дау окончили университет, защитив дипломные работы на одном и том же заседании комиссии; доклад Дау вызвал аплодисменты аудитории; член комиссии математик Лейферт, неприятная личность казенного типа, задал вопрос о том, где мы собираемся работать и, ввиду еще отсутствия ясности, сделал замечание, вошедшее в книги воспоминаний, в том смысле, что сейчас стране не нужно много теоретиков; это нелепое замечание было сделано в годы бурного развития квантовой механики*.

Гамов окончил университет раньше других. А Ландау и Ива-

ненко, как уже сказано, в 1927 г. Оба имели все основания рассчитывать на аспирантуру. Все трое летом этого года пересеклись в Полтаве, где Димус неожиданно получил письмо от профессора Ю.А.Круткова с сообщением, что комсомольский актив не пропускает его в аспирантуру. Ландау как-то проскочил (был зачислен в аспирантуру в Физико-технический институт). Кстати говоря, ни тогда, ни потом никто из троих не был ни комсомольцем, ни коммунистом.

Планы Димуса повисают в воздухе.

Однако случилось так, что незадолго до этого ушел из жизни известный математик академик Владимир Андреевич Стеклов (1863/64—1926). В его память Академия наук учреждает в Физико-математическом институте стипендию для аспирантов. Дмитрий Дмитриевич при поддержке Я.И.Френкеля и А.Ф.Иоффе становится первым стипендиатом (о чем даже сообщалось в газетах), а год спустя сотрудником этого института.

В 1928 г. Иваненко получает предложение от И.В.Обреимова переехать в Харьков, где по инициативе Иоффе создавался Физико-технический институт, аналогичный ленинградскому. Дмитрий Дмитриевич без промедления согласился, тем более что в Харьков перебрались его отец, преподававший литературу, и сестра Оксана.

Как рассказывал Дмитрий Дмитриевич, он сразу включился в поиски места для строительства института и с гордостью отмечал, что разглядел весьма подходящую площадку на ул.Чайковского. Потом ему не раз приходилось слышать, что место выбрано очень хорошо. Институт был построен быстро. Иваненко стал в нем первым заведующим теоретическим отделом. В 1929 г. он преподавал в Университете и Механо-машиностроительном институте. Тогда же организовал в Харькове первую конференцию по теоретической физике. Стал инициа-

тором издания в Харькове физического журнала на немецком языке «Physikalische Zeitschrift der Sowjet Union» (потом и на английском), который вскоре приобрел международное значение — в нем стали печататься физики других стран.

К этому времени относится женитьба Иваненко на Ксении Федоровне Корзухиной (внучке известного художника-передвижника). По профессии она была врачом. У них рождается дочь Марьяна, позднее — Михаил и Алексей.

В 1931 г. Дмитрий Дмитриевич возвращается в Ленинград. Иоффе, очень чуткий к новым веяниям, организует в своем Физтехе ядерный отдел, который возглавил И.В.Курчатов, и ядерный семинар под руководством Иваненко. Для участия в семинаре приезжали физики из разных городов страны.

В 1933 г. на базе ЛФТИ прошла первая ядерная конференция, которая, как отмечал Иваненко, дала импульс включиться в ядерную физику Я.И.Френкелю, И.Е.Тамму, Ю.Б.Харитону. Иваненко активно участвовал в ее подготовке и по этому поводу не раз виделся с С.М.Кировым — нужно было найти автомобили для встречи иностранцев, предусмотреть размещение в гостиницах, питание (в стране еще действовали карточки) и т.п.

В общем, дело было хлопотное, в которое Дмитрию Дмитриевичу пришлось уйти с головой, не оставляя чтения лекций, работу в Государственном технико-теоретическом издательстве и многое другое.

И тут случилось событие, перевернувшее его жизнь. Однажды очень рано утром Дмитрия Дмитриевича разбудил звонок Матвея Петровича Бронштейна, от которого он узнал об убийстве Кирова. Как известно, после смерти Кирова начались репрессии. Иваненко был арестован. Ему припомнили непролетарское происхождение и «грехи» родителей, поставили в вину общение и переписку с иност-

* Иваненко Д.Д. Эпоха Гамова глазами современника / Гамов Джордж. Моя мировая линия: неформальная автобиография. М., 1994.

ранцами, знание языков. Допрашивали «с пристрастием» и осудили на три года лагерей. Имущество было полностью конфисковано, жену выслали в 24 часа. (Тогда фактически и произошел их разрыв.)

А тем временем Иваненко везли по этапу, куда — неизвестно. Оказалось, в Карагандинский лагерь. Дмитрий Дмитриевич пробыл в лагере не три года, а один. Он считал, что его спас С.И.Вавилов, с которым у него до самой кончины Сергея Ивановича были исключительно теплые отношения. Вавилова поддержал Иоффе.

В результате Иваненко получает возможность уехать в Томск, где работает в университете и политехническом институте. Опять организует семинар, опять пропагандирует новую физику.

В Москву и Ленинград путь ему заказан, но он переезжает в Свердловск, куда во время войны эвакуировался физический факультет Московского университета. Вместе с факультетом он по приглашению А.С.Предводителя, декана, возвращается в столицу и до конца жизни работает профессором кафедры теоретической физики.

Официальный развод Иваненко с женой состоялся в 1949 г., но еще долгое время они то сходились, то расходились.

В 1961 г. на физический факультет пришла молоденькая стенографистка. Это было первое место работы Риммы Анто-

новны после школы и курсов стенографии. Юную стенографистку поразил ораторский талант профессора, знание языков, литературы, музыки, огромная эрудиция. Он всегда оказывался в центре внимания. Говорил очень быстро. Римма Антоновна утверждает, что быстрее, чем Тамм (при жизни Тамма в ходу была шутка, что существует единица измерения быстроты речи — 1 тамм).

На одном из заседаний Римма Антоновна не смогла закончить стенограмму — перетрудила руку (полагалось быть второй стенографистке, но она отсутствовала). Видимо, это было важное заседание. Римма Антоновна рассказывает, как ей пришлось ехать на Ленинградский вокзал — Дмитрию Дмитриевичу срочно нужно было уезжать — и там на столике в ресторане он по памяти дописал за нее стенограмму. Так завязалось их знакомство. Они ходили в театры, на концерты и выставки. Много путешествовали. Дмитрий Дмитриевич мастерски, даже лихо водил машину и в это время рассказывал массу интересных вещей, шутил и умел ускользать от гаишников (тогда они назывались иначе). Заставил Римму Антоновну учиться. Физик из нее не получился, но она окончила филологический факультет и сейчас обучает русскому языку иностранцев.

Их совместная жизнь началась в 1969 г. и до 1994 г., до самой его смерти, они всегда были

рядом. Правда, ездить за границу вместе не всегда удавалось. Римма Антоновна вспоминает, что Дмитрий Дмитриевич во время заграничных поездок постоянно, как и в России, притягивал к себе внимание — отчасти потому, что на немецком говорил как на русском, знал английский, французский, итальянский, испанский. Вспоминает, как однажды он и немецкий профессор читали Гёте наперегонки — кто больше знает. Победил Иваненко. Общаться с ним было интересно всем.

В своем рассказе Римма Антоновна не раз касалась непростых отношений Иваненко с друзьями его молодости. Естественно, ей представляется, что Дмитрий Дмитриевич всегда был прав. На вопрос, почему так накрепко разошлись Иваненко и Ландау, она отвечает: — Из-за девушек-медичек. Джо и Димус подружились с ними (дело было в Ленинграде в 1928 г.), а Дау остался в стороне. — А как же с Таммом? — Игорь Евгеньевич не хотел, чтобы на кафедре теоретической физики было два теоретика...

Таков взгляд любящей женщины, стоящей на страже интересов мужа. Не будем углубляться в эти тонкости. Мы и так уже слегка нарушили обещание показать крупного физика современности Д.Д.Иваненко вне науки и политики. Поспешим поставить здесь точку. ■

Записала Н.В.Успенская

Космические исследования

Индия займется изучением Луны

Индийские ученые и инженеры работают над созданием аппарата «Chandrayan-1», который планируется запустить к Луне в 2008 г. Он станет первым из серии индийских автоматических исследователей Луны, которые включают посадочные роботы, способные передвигаться по поверхности нашего естественного спутника.

Масса аппарата «Chandrayan-1» 525 кг. Он должен быть выведен на орбиту индийской ракетой «Polar Satellite Launch Vehicle», специально модернизированной для этой цели. С геостационарной переходной орбиты аппарат путем включения бортового маршевого двигателя будет направлен к Луне. На окололунной орбите приборы произведут съемку поверхности с высоким разрешением в видимой, близкой инфракрасной и рентгеновской частях спектра.

На лето 2004 г. намечен запуск спутника «Edusat». Он оборудован 72 каналами связи, позволяющими вести научные конференции с передачей изображений. В дальнейшем планируются полеты индийских космических аппаратов к планетам Солнечной системы.

Spaceflight. 2003. V.45. №11. P.444 (Великобритания).

Палеогеография

В поисках истоков Нила

На протяжении нескольких веков множество экспедиций отправлялись на поиски истоков Нила, а точнее, истоков его главных притоков — Голубого Нила и Белого Нила. В столице Судана Хартуме Голубой Нил, стекающий с высоких плато

Эфиопии, сливается с Белым Нилом, исток которого лежит почти у экватора, в оз.Виктория. Роль Белого Нила в режиме всей реки огромна: даже в маловодный сезон он несет более 80% вод.

Австралийские географы задались целью выяснить, как давно возник Белый Нил. Они детально изучили космические снимки реки, выполненные спутниками «Landsat-5 и -7», а также использовали имеющиеся датировки осадочных отложений. Главный вывод исследования таков: река несет свои воды уже 25 тыс. лет. Ранее долина Белого Нила была занята гигантским озером, шириной в 70 и длиной более 500 км. По мнению специалистов, само озеро возникло 400 тыс. лет назад, скорее всего, в благоприятный для этого длительный межледниковый период.

La Recherche. 2004. №371. P.15 (Франция).

Охрана природы

Судьба большой белой акулы

Из зубов большой белой акулы (*Carcharodon carcharias*)¹ делают кольца, из челюстей — сувениры, из плавников варят супы. Все это совершается такими темпами, что эти акулы скоро просто исчезнут. Хотя некоторые страны уже приняли ряд мер по охране вида, они недостаточны, чтобы обеспечить его будущее.

Общество сохранения дикой природы требует введения непосредственного контроля и даже запрета на торговлю этим видом акул. Однако такое предложение было отвергнуто Конвенцией по международной торговле дикими видами флоры и фауны, находящимися под

¹ Подробнее см.: Мягков Н.А. Большая белая акула // Природа. 1988. №9. С.51—53.

угрозой исчезновения; причина — отсутствие методики, которая позволяла бы надежно идентифицировать на рынках куски плавников большой белой акулы. Теперь эта помеха устранена: американские биологи разработали очень простой генетический тест, по которому определить принадлежность тканей можно даже по засушенному плавнику. А пока ее зубы уходят на черном рынке по цене золота.

Terre Sauvage. 2003. №188. P.16 (Франция).

Археология

Варкская маска спасена

Весной 2003 г., во время боевых действий в Багдаде, Иракский музей был полностью разграблен. В числе исчезнувших экспонатов оказалась и так называемая Варкская маска, изображающая, по видимому, лик могущественной шумерской богини Инанны, которой жители Междуречья поклонялись примерно 5 тыс. лет назад. На месте пос.Варка, где эту маску когда-то обнаружили археологи, ранее находился Урук, один из древнейших на Земле городов. Она была изваяна из мрамора за 2,5 тыс. лет до того, как подобные предметы научились изготавливать античные греки. Специалисты по истории Древнего Востока не могли смириться с утратой.

И вот реликвия нашлась! В конце сентября 2003 г. новая иракская полиция напала на ее след. Тщательно укрытую бесценную маску обнаружили к северу от Багдада, в поле, на глубине 2 м. Похитители, очевидно, опасались продать ее сразу и решили дождаться более подходящего момента.

Science. 2003. V.301. №5641. P.1825 (США).

Пионер молекулярной биологии

Член-корреспондент РАН Л.И.Корочкин
 С.А.Фридман
 Москва

Памяти Розалин Франклин

В прошлом году весь научный мир отмечал 50-летие выдающегося открытия XX в. — расшифровки пространственной структуры ДНК. Это замечательное событие датируется 1953 г., когда Ф.Крик и Дж.Уотсон опубликовали в «Nature» модель трехмерной структуры основного вещества наследственности. С этой модели, получившей впоследствии название двойная спираль, началось развитие новой науки — молекулярной биологии.

В 1962 г. авторы двойной спирали и М.Уилкинс стали обладателями Нобелевской премии. Просматривая биографические очерки о нобелевских лауреатах, мы обратили внимание, что в каждом из них упоминается имя Розалин Франклин, которая работала вместе с Уилкинсом и получила первую рентгенограмму структуры ДНК.

Захотелось узнать об этой женщине побольше. Но ни в одном из наших толстых энциклопедических словарей имени Розалин Франклин обнаружить не удалось. Помогла небольшая книжка Уотсона — «Двойная спираль», в которой на 150 страницах шаг за шагом прослеживается история важнейшего открытия, выпавшего на вторую половину XX в.

Поразительное явление: трое здоровых и хорошо обеспеченных молодых людей и одна маленькая девушка, сбежавшая из богатой семьи и живущая в бедности и одиночестве. Освоив небезопасный, по тем временам, для жизни человека вид экспериментальной деятельности — рентгеноструктурный анализ, она доказала своим коллегам, что ДНК, это чудо природы, объединяющее собой человека и мушку дрозофилу или червячка нематоду, имеет не одинарную, как считал Л.Поллинг, а двойную форму спирали.

Розалин Франклин (Rosalind Franklin) родилась 25 июля 1920 г. в Лондоне, в известной еврейской семье, приехавшей в Портсмут из Германии еще в 1784 г. Она посещала одну из немногих в Лондоне школ для девочек, где преподавали химию и физику, и была весьма упорна в учебе.

В 15 лет Розалин решила стать ученым. Ее отец, Элис Франклин, ярый противник высшего образования для девочек, хотел видеть дочь социальным работником. В конце концов он все же уступил желанию Розалин. В 1938 г. она поступила в колледж Ньюхем в Кембридже и окончила его в 1941 г. Еще в течение года она поддерживала связь с колледжем, а потом уехала работать в Британскую ассоциацию исследователей угля, где занялась исследованиями в области переработки углеродных и графитных микроструктур. Эта работа послужила основой ее докторской диссертации по физической химии, которую она защитила в Кембридже в 1945 г.

После защиты Франклин в течение трех лет (1947—1950), изучая технику дифракции рентгеновского излучения в Париже, в Центральной лаборатории химических исследований де Л'Етат, обнаружила особые структуры. Впоследствии их стали обозначать углеродными волокнами. Уже тогда она была признанным специалистом в области кристаллографии.

В 1951 г. Розалин вернулась в Лондон и стала работать в лаборатории Джона Рендалла в Королевском колледже, где встретила с Морисом Уилкинсом. Каждый из них руководил своей исследовательской группой и вел самостоятельную тему, но обе они были связаны с ДНК.

Когда Рендалл поручил Франклин работу по раскрытию структуры ДНК, этим вопросом уже многие месяцы никто не занимался. Уилкинса тогда не было в лаборатории. Вернувшись, он поначалу повел себя так, будто Франклин всего лишь его технический помощник. Розалин обиделась,



Розалин Франклин.

ведь они были ровесниками и коллегами. «Дело дошло до того, что она перестала сообщать Морису свои последние результаты. И узнать о них он мог не раньше чем через три недели, в середине ноября, когда Роза готовила доклад на семинаре о своей работе за истекшие полгода». Поведение Мориса было не удивительно, оно просто отражало тогдашнее пренебрежительное отношение к женщинам в науке. В то время в университетские столовые допускались только мужчины, а после работы они, коллеги Франклин, ходили целой компанией в мужские кафе, так называемые пабы.

Все же Франклин самостоятельно продолжала свою работу по ДНК. Джон Бернал, большой специалист по рентгеноструктурному анализу, назвал ее снимки ДНК самыми красивыми из всех, которые к тому времени были кем-либо сделаны.

Уже было известно, что наследование физических свойств живого организма определяют гены. Уже открыли нуклеиновую кислоту и показали, что она находится в ядре клетки. Биохимики определили химическую природу нуклеиновых кислот и обнаружили, что гены образованы одной из этих кислот — дезоксирибонуклеиновой (ДНК). Доказали, что гены управляют биосинтезом клеточных белков и таким образом контролируют биохимические процессы в клетке. Уже знали, что

ДНК образована молекулами моносахарида группы пентоз, фосфатом и четырьмя азотистыми основаниями — аденином и тимином, гуанином и цитозином. В 1950 г. Эрвин Чаргафф из Колумбийского университета показал, что ДНК включает в себя равные попарно количества этих азотистых оснований.

С 1951 по 1953 г. Розалин сделала достаточно много, чтобы завершить работу по структуре ДНК. Она, проведя рентгеноструктурные исследования молекул ДНК, выявила А- и В-формы ДНК. Затем рассчитала функцию Паттерсона и, используя специальный метод суперпозиции, показала, что фосфатные группы должны располагаться снаружи молекулы ДНК.

Когда Уилкинс принес Крику одну из рентгенограмм, полученную Франклин, тот сразу увидел решение: ДНК имеет форму двойной спирали, напоминающей винтовую лестницу. Именно опираясь на результаты, полученные Розалин, Крик и Уотсон разработали модель пространственной структуры молекулы ДНК; и в 1953 г. продемонстрировали в «Nature» научной общественности механизм ее действия в процессах биосинтеза. Работа Франклин вышла в том же журнале как вспомогательный материал.

Двойная спираль, состоящая из двух цепей дезоксирибозофосфата, соединенных парами оснований аналогично ступенькам лестницы. Посредством водородных связей аденин соединяется с тимином, а гуанин — с цитозином. С помощью этой модели можно было проследить репликацию самой молекулы ДНК.

Таким образом, был доказан матричный принцип воспроизведения наследственного материала, предсказанный великим русским биологом Н.К.Кольцовым. Две части молекулы ДНК отделяются друг от друга в местах водородных связей, что очень похоже на расстегивание застежки-молнии. По каждой половине прежней молекулы синтезируется новая молекула ДНК. Последовательность оснований функционирует как матрица, или образец, для образования новых молекул ДНК. Весь научный мир оценил открытие химической структуры ДНК как одно из наиболее выдающихся биологических открытий века.

Уже после публикации статей Крика и Уотсона Франклин перешла в лабораторию Дж.Бернала, где весьма продуктивно занималась вирусом табачной мозаики, а также начала работать с вирусом полиомиелита.

Мужество и цельность натуры Розалин стали всем очевидны, когда она, узнав в 1956 г. о своей смертельной болезни, связанной с непрерывным облучением рентгеновскими лучами, не жалуясь, продолжала работать почти до самой смерти. Она умерла от рака 16 апреля 1958 г. в 37-летнем возрасте, за три года до выдвижения на Нобелевскую премию, которую, естественно, не получила. В соответствии с Нобелевским уставом премия дается

только живым в качестве поощрительного гранта, позволяющего лауреату продолжить научную деятельность.

История ДНК — это извечная история соревнований и интриг: один путь в книге Дж.Уотсона «Двойная спираль», другой — в исследовании Анны Сэйр Розалин Франклин и ДНК. Наверное, не было другой женщины, которая бы столь полно посвятила себя науке, как Розалин Франклин. Споры о значении ее работ продолжают до сих пор.

Некоторые считают ее первоклассным ученым, роль которого в изучении ДНК огромна. Ведь она одна выполнила большую часть работы, доказывающей существование двойной спирали, и труд ее, положивший начало величайшему открытию XX в., по существу стал точкой отсчета для рождения молекулярной генетики. Мы думаем, что родословную этого научного направления нужно начинать не с Ф.Крика и Дж.Уотсона, а с Розалин Франклин. ■

Основные вехи генетики и геномики после открытия двойной спирали ДНК

1951 год

Р.Франклин получила первую рентгенограмму молекулы ДНК.

1953 год

Ф.Крик и Дж.Уотсон, опираясь на результаты опытов биохимиков и на данные рентгеноструктурного анализа, создали структурную модель ДНК в форме двойной спирали.

1956 год

А.Корнберг обнаружил первый фермент, способный синтезировать ДНК в пробирке — ДНК-полимеразу.

1958 год

К.Маркерт открыл изоферменты и их генетический контроль.

М.Месельсон и Ф.Сталь демонстрируют полуконсервативную репликацию ДНК.

1961 год

В работах М.У.Ниренберга, Р.У.Холли и Х.Г.Кораны начата расшифровка языка жизни — кода, которым в ДНК записана информация о структуре белковых молекул.

Ф.Жакоб и Ж.Моно пришли к выводу о существовании двух групп генов — структурных, отвечающих за синтез специфических белков, и регуляторных, осуществляющих контроль за активностью структурных генов.

С.Бреннер, Ф.Жакоб и М.Месельсон открыли матричную РНК.

1962 год

Дж.Гердон осуществил первое клонирование животного организма (лягушки).

1969 год

Х.Г.Корана синтезировал химическим путем первый ген.

1970 год

Х.Темин и Д.Балтимор открыли фермент, синтезирующий ДНК с применением комплементарной РНК в качестве матрицы.

Д.Натанс, Х.Смит и В.Арбер выделили фермент, разрезающий ДНК в строго определенных местах.

1972 год

П.Берг получил первые рекомбинантные ДНК. Заложены основы генной инженерии.

1973 год

С.Коэн и Г.Бойер разработали стратегию переноса генов в бактериальную клетку.

1974 год

С.Мильштейн и Г.Келер разработали технологию получения моноклональных антител.

К.Маррей и Н.Маррей открыли фаг лямбда как вектор для чужеродной ДНК.

1975 год

Осуществлено первое клонирование кДНК.

Е.Саузерн открыл метод переноса фрагментов ДНК с агарозных гелей на нитроцеллюлозные фильтры и тем самым заложил основы метода блот-гибридизации.

Х.М.Темин, Д.Балтимор и Р.Дульбекко получили Нобелевскую премию за открытия, касающиеся взаимодействия между онкогенными вирусами и генетическим материалом клетки. Они открыли вирусный фермент, обеспечивающий передачу генетической информации от РНК к ДНК, сформулировали теорию провируса и показали, что ретровирусы могут вызывать различные заболевания, включая СПИД, гепатит и некоторые формы рака.

1976 год

Основана первая генно-инженерная компания (Genentech), использующая технологию рекомбинантных ДНК для производства различных ферментов и лекарственных средств.

Дж.Бишоп и Г.Вармус показали, что клеточный протоонкоген в здоровой клетке управляет ее ростом и делением.

Д.Хогнесс, Г.П.Георгиев и В.А.Гвоздев открыли подвижные генетические элементы у дрожжей.

1977 год

У.Гилберт, Ф.Сенгер и А.Максам опубликовали быстрые методы определения (секвенирования) длинных нуклеотидных последовательностей ДНК.

Секвенирован первый ген человека.

1978 год

Компания «Genentech» осуществила перенос гена инсулина в бактериальную клетку, где на нем синтезирован проинсулин. Группа Т.Маниатиса создает первую геномную библиотеку.

1979 год

В.Бендер, П.Спирер и Д.Хогнесс разработали метод хромосомной прогулки, позволивший впервые клонировать протяженный фрагмент ДНК.

1980 год

Дж.Гордон с соавторами получили первую трансгенную мышь... Трансгенез стал основным подходом для решения практических задач сельского хозяйства и медицины.

1981 год

Несколько независимых исследовательских групп сообщили об открытии человеческих онкогенов.

1982 год

С.Альтман показал, что РНК может обладать каталитическими свойствами, как и белок. А.Спрэдлинг и Дж.Рубин использовали мобильный Рэлемент для введения трансформации генома дрозофилы.

1984 год

А.Джеффрис создает метод геномной дактилоскопии, в котором ДНК используются для идентификации личности.

1985 год

Р.Санки и К.Мюллен разработали метод цепной полимеразной реакции.

1986 год

Начало эпохи массивированного клонирования генов опухолеобразования.

1988 год

Создан международный проект «Геном человека», поставивший своей целью полное секвенирование ДНК человека.

1990 год

Создана Международная организация по изучению генома человека (HUGO). Ф.Коллинз и Л.-Ч.Тсуи определили первый ген человека (CFTR), отвечающий за наследственное заболевание. В.Андерсон осуществил первое успешное применение генной терапии для лечения больной с наследственным иммунодефицитом.

1995 год

Определена полная последовательность генома первых самостоятельно существующих организмов — бактерий *Haemophilis influenza* и *Mycoplasma genitalia*. Геномика стала самостоятельным разделом генетики.

1996 год

Клонирован геном *Sacharomyces cerevisiae*. Е.Льюис, К.Нюсслейн-Вольхардт и Э.Вишхаус получили Нобелевскую премию за раскрытие генетических механизмов регуляции раннего развития животных, включая сегментацию их тела.

1997 год

С.Прузинер получил Нобелевскую премию за открытие прионов, ответственных за болезнь коровье бешенство у крупного рогатого скота. Я.Вильмут с сотрудниками впервые клонировали млекопитающее — овцу Долли.

1999 год

Определена полная нуклеотидная последовательность первого высшего организма — нематоды *Caenorhabditis elegans*. Полностью секвенирована ДНК хромосомы 22 человека.

2000 год

Вчерне завершено полное секвенирование генома человека и дрозофилы.

2002 год

Нобелевскую премию по физиологии и медицине получили С.Бреннер, Р.Хорвиц и Дж.Салстон за открытие в области генетического регулирования развития органов и запрограммированной клеточной смерти — апоптоз.

Использованные источники:

1. Уотсон Дж.Д. Двойная спираль. М., 1969.
2. Корочкин Л.И. Введение в генетику развития. М., 1999.
3. Тарантул В.З. Геном человека. Энциклопедия, написанная четырьмя буквами. М., 2003.
4. Скулачев В.П. Лауреаты Нобелевской премии 2002 года. По физиологии и медицине — С.Бреннер, Х.Р.Хорвиц и Дж.Салстон // Природа. 2003. №1. С.76—77.
5. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика. Новосибирск, 2003.

Новости науки

Космические исследования

К Марсу полетит «Феникс»

В 2003 г. НАСА приняло решение использовать в ближайшие годы для исследования Марса космический аппарат «Phoenix». Он создается на основе готового проекта «Mars Polar Lander» и ряда конструкций, которые остались неиспользованными после его запуска в 1999 г., окончившегося крушением аппарата. Кроме того, в дело пойдут компьютерные программы, созданные для иных, позже отмененных космических экспериментов, в том числе закрытого в 2001 г. проекта «Mars Surveyor Lander».

В проводившемся конкурсе «Phoenix» победил трех других финалистов. Один из проектов намечал пролет космического зонда сквозь марсианскую атмосферу, сбор образцов пыли и газов с последующим их возвратом на Землю. Другой проект предусматривал запуск с искусственного спутника Марса ракетоплана, пролетающего на высоте 1 км над планетой и выполняющего магнитную съемку. Наконец, третье предложение — с орбиты вокруг Марса искать в его атмосфере биогенные газы. Но всему этому был предпочтен «Phoenix», научная аппаратура которого разрабатывается под руководством У.Бойнтонна (W.Boynton; Университет штата Аризона в Тусоне). Стоимость проекта 325 млн долл.

Посадочному отсеку нового аппарата предстоит вскрыть на глубину 1 м верхнюю оболочку марсианской поверхности у Северного полюса и достичь недавно обнаруженного там слоя льда. Среди приборов — стереопано-

рамная камера, автоматическая рука, прибор для анализа образцов почвы и льда и др.

Science. 2003. V.301. №5634. P.743 (США).

Космические исследования

Славный конец «Галилео»

21 сентября 2003 г. космический аппарат «Galileo», запущенный НАСА в 1989 г. с борта шаттла «Atlantis», вошел в плотные слои атмосферы Юпитера и закончил свою чрезвычайно продуктивную для науки 14-летнюю миссию. Команду на спуск пришлось отдать, поскольку топливо почти исчерпалось, а падение на поверхность одного из спутников Юпитера — Европы — было признано нежелательным из-за возможного загрязнения природной среды объекта, где не исключены проявления органической жизни.

За время своей активной деятельности «Galileo» собрал массу ценных сведений о физических условиях на Юпитере, о его атмосфере и естественных спутниках, в первую очередь — Ио и Европе. Помимо этого, были получены высококачественные изображения Земли, Луны, Венеры и ряда астероидов.

Интереснейшими для науки стали осуществленные с борта «Galileo» наблюдения за мощными электрическими разрядами в атмосфере Юпитера, за ураганной силы ветрами, избыточным количеством тепловой энергии, которая поступает из внутренних областей планеты, влияя на перемещение облаков из замороженного аммиака и образуя заметные даже с Земли полосы.

Изучение и анализ информации, поступившей с «Galileo», даст

богатый материал для работы научных коллективов еще на многие годы.

Spaceflight. 2003. V.45. №11. P.445 (Великобритания).

Космическая техника

Студенты создают малые спутники

В сентябре 2003 г. на околоземную орбиту с космодрома Плесецк в России ушли три малых спутника, сконструированных и построенных британской частной компанией SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd. — Суррейская фирма спутниковой технологии). Вместе с запущенным ранее аналогичным ИСЗ они образовали систему DMC (Disaster Monitoring Constellation — Система наблюдения за природными бедствиями), которая предназначена для ежесуточного оповещения тех органов, которые нуждаются в информации об ураганах, наводнениях, извержениях вулканов и тому подобных явлениях. Спутники подготовлены по заказу соответствующих организаций Великобритании, Турции, Алжира и Нигерии.

Компания SSTL два десятилетия назад состояла всего лишь из горстки молодых научных сотрудников, преподавателей и студентов Суррейского университета в Гилдфорде (около 50 км от Лондона), увлекающихся любительским радио. Затем она перешла к созданию обычно игнорируемых авиакосмической промышленностью мелких спутников (масса от нескольких до сотен килограммов), которые чаще всего предназначаются на экспорт для развивающихся стран, не имеющих возможности сразу участвовать в крупномасштабных проек-

тах. Только что созданная система DMC обошлась в 85 млн долл. Несмотря на столь скромный бюджет, малые спутники хорошо оснащены научной и наблюдательной аппаратурой. Их камеры имеют разрешающую способность до 32 м — не хуже, чем у крупных американских спутников типа «Landsat». Эти приборы можно с успехом использовать для картографической съемки, наблюдений за эрозией почвы, вырубками лесов, опустыниванием и т.п. Особенно плодотворно то, что теперь действует единая система однородных круглосуточных наблюдений. Единственный спутник на низкой орбите обычно охватывает «взором» всю Землю за несколько недель, а каждый из четырех членов команды DMC снимает полосу земной поверхности шириной около 600 км за одни сутки.

Свой первый 50-килограммовый спутник «UoSAT-1» стоимостью около 400 тыс. долл. молодые суррейские конструкторы создали в 1981 г. Он не только передавал сигналы для радиолюбителей всего мира, но и вел примитивные наблюдения за состоянием природной среды. Вскоре один за другим стали появляться все более сложные аппараты. Первым реальным покупателем суррейских ИСЗ стала Южная Корея. Контракт предусматривал также обучение и стажировку молодых корейских специалистов. В 1992 г. был успешно запущен «KITSAT-1», а вскоре юные специалисты из этой страны разработали собственную космическую программу; сегодня у Южной Кореи есть три спутника, созданных практически без участия иностранцев. Аналогичные контракты фирма осуществляет с Чили, Португалией и Китаем. В конце 90-х годов фирма SSTL перешла от малых ИСЗ массой до 50 кг к более крупным, как «UoSAT-12» (масса 315 кг, запущен в 1999 г.). Оригинальным начинанием стала постройка спутника «SNAP-1» размером с футбольный мяч и массой около 7 кг, который был запущен в 2000 г.

После того как в 1998 г. на конференции ООН по борьбе со стихийными бедствиями прозвучал

призыв к наблюдению за такими событиями из космоса, гилдфордская университетская компания немедленно откликнулась созданием упомянутой системы DMC; вероятно, к началу 2005 г. в нее будет включен пятый спутник, заказанный Китаем, где катастрофические наводнения и землетрясения не редкость. Ведутся переговоры с Таиландом и Вьетнамом, тоже страдающими от внезапных наводнений. Ныне студенты работают над изготовлением для миниатюрных ИСЗ высокочувствительных инфракрасных датчиков, способных обнаружить лесной пожар через 15 мин после возгорания. Представители астрономического факультета лондонского Колледжа им.Уэстфилда рады сотрудничать с молодежной фирмой в создании целого созвездия из 30 микроспутников, предназначенных для изучения магнитосферы и ионосферы Земли.

В более отдаленной перспективе — разработка спутника размером с кофейную чашку, который способен дистанционно вести наблюдения за другими ИСЗ и их аппаратурой.

Science. 2003. V.301. №5641. P.1829 (США).

Астрономия

Новый радиотелескоп на Гавайях

В конце ноября 2003 г. на горе Мауна-Кеа (штат Гавайи) вступил в строй новый радиотелескоп SMA (Submillimeter Array — Субмиллиметровая система). Это первое в мире интерферометрическое устройство, состоящее из восьми связанных между собой антенн, которые работают в субмиллиметровом диапазоне частот. Такой сложный комплекс приборов имеет значительную наблюдательную мощность. Благодаря SMA стало возможным подробно изучать области Вселенной, где рождаются звезды и появляются юные галактики, чему до сих пор препятствовали скопления космической пыли, затмевающие излучение в оптическом диапазоне.

На SMA качество изображения объектов возрастает как функция количества базовых линий (так именуется связи между любой парой антенн). Первоначально планировалось, что система будет состоять из шести антенн, но присоединившаяся к проекту Тайваньская академия наук пристроила еще две, что почти удвоило эффективность использования комплекса: вместо 15 базовых линий теперь насчитывается 28. Тайваньские специалисты разработали также часть нового вспомогательного оборудования.

Проект отличается высокой степенью интернационализации. Если созданное десятилетие назад Институтом астрономии и астрофизики в Тайбэе не имел наблюдательных приборов мирового класса, то теперь изучать Вселенную на новом оборудовании получают возможность не только тайваньские специалисты, но и привлеченные ими исследователи из Японии, Австралии, Франции, Германии, Вьетнама, Южной Кореи и Китайской Народной Республики. Головное учреждение проекта — Смитсоновская астрофизическая обсерватория, возглавляемая Дж.Морганом (J.Morgan).

Ученые Тайваня разрабатывают для установки на горе Мауна-Кеа новую сеть из 19 приборов, с помощью которой предполагается решать проблемы определения возраста Вселенной. При этом используется опыт, полученный в работе системы SMA.

Science. 2003. V.302. №5649. P.1313 (США).

Астрономия. Метеорология

Метеорологи выручают астрономов

Климатические условия высокогорья на Гавайских о-вах неизменно привлекают астрономов. Однако эффективность их усилий до сих пор значительно снижалась из-за того, что прогнозы погоды местных метеостанций охватывали лишь районы вблизи моря (в чем заинтересовано население и отдыхающие на субтропических

курортах), но не содержали данных о состоянии атмосферы на высотах более 4 тыс. м над ур.м., т.е. над нижним слоем облачности. Учитывая, что одна секунда работы крупного телескопа обходится в 1 долл., проблема приобретения важнейшее экономическое и научное значение.

Решением ее занялись Д.Саймонс (D.Simons), заместитель директора обсерватории «Gemini», расположенной на горе Мауна-Кеа (о.Гавайи), и присоединившиеся к нему руководители других местных обсерваторий, обладающих девятью телескопами. Со стороны Метеоцентра в проекте принял участие С.Басинджер (S.Businger; Университет штата Гавайи в Маунао), возглавивший разработку алгоритмов для прогнозирования специфических локальных условий высокогорья. Японская Национальная астрономическая обсерватория предоставила для обработки данных самый современный компьютер, который до сих пор обслуживал телескоп «Subaru», уже находившийся на Мауна-Кеа. Надежный прогноз должна обеспечивать глобальная модель, принятая в Национальной метеослужбе США. В нее поступает информация от метеозондов и сети наземных станций, затем подключается приспособленный к местным условиям вариант MM5 («Пятое поколение среднemasштабной модели»). Все данные о температуре, содержании в атмосфере водяных паров и т.п. обрабатываются с шестичасовыми интервалами; в Интернете (www.kiloaoloa.soest.hawaii.edu) помещаются графики верхних слоев облачного покрова. Заблаговременность надежного прогноза составляет теперь 42 ч. Это позволяет астрономам заранее составить план конкретных наблюдений в предстоящую ночь.

Стоимость такого обслуживания около 165 тыс. долл./год; она распределена между всеми 13 обсерваториями на горе Мауна-Кеа. Наибольшую пользу от услуг метеорологов получают астрономы, работающие в оптической части спектра: они могут теперь бороться с искажением изображений,

которое вызывается тепловыми потоками в атмосфере — для этого следует заблаговременно поддерживать температуру главного зеркала телескопа в пределах $\pm 1^\circ\text{C}$ от температуры окружающей среды.

Science. 2003. V.302. №5649. P.1319 (США).

Метеоритика. Геохимия

Фуллерены в метеоритных телах

Более 20 лет назад возникла теория, согласно которой вымирание фауны и флоры на Земле около 65 млн лет назад произошло из-за падения крупного метеорита у п-ова Юкатан. Тогда единственным аргументом в пользу этой гипотезы было обнаружение в соответствующих слоях земной коры необычно высокого содержания иридия — элемента, редко встречающегося в метеоритах. Позднее добавился еще один аргумент: в разных регионах стали находить минералы с явными следами ударного метаморфизма. Сегодня новые подтверждающие факты предлагают американские петрологи и геохимики А.Басу (A.Basu; Гарвардский университет), их коллеги из Гарвард-Смитсоновского астрофизического центра и Института по изучению земной коры при Университете штата Калифорния в Санта-Барбаре.

Исследователи анализировали мелкие обломки метеорита, найденные ими в районе горы Графит-Пик (центральная часть Трансантарктического хребта, около ледника Бирдмора), и пришли к выводу, что его падение произошло около 251 млн лет назад, т.е. на границе перми и триаса, к которой относится один из крупнейших эпизодов вымирания животных и растений на Земле. Кроме того, в образцах были обнаружены фуллерены¹ и необычные зерна металлов. Однако и это убедило не всех скептиков. Специ-

¹ О фуллеренах см.: Чернозатонский Л.А. Лауреаты Нобелевской премии 1996 г. // Природа. 1997. №1. С.96—99.

алист по метеоритам Д.Кринг (D.Kring) сомневается, что химически нестойкие обломки небесного тела могли сохраниться без изменений в течение четверти миллиарда лет. Другие ученые указывают на крупнейшие вулканические извержения в истории планеты, произошедшие как раз в период гибели флоры и фауны.

Обломки метеорита из района Графит-Пик, по утверждению их исследователей, не могли быть загрязнены земным веществом: они извлечены с глубины 10—20 см, а в лаборатории были приняты все необходимые для этого меры. Более того, их состав сходен с надежно установленным для обломков метеорита, которые обнаружены в 2001 г. на территории Китая, в районе Мэйшаня. По заключению К.Кайхо (K.Kaiho; Университет Тохоку, Япония), в них содержится почти чистое железо, что совершенно необычно; по-видимому, здесь оно конденсировалось из паров, возникших при мощном ударе о поверхность планеты. Как в мэйшаньских, так и в антарктических фрагментах геохимики Л.Бекер и Р.Пореда (L.Becker, R.Poreda) обнаружили фуллерены, заполненные, по их мнению, газами внеземного происхождения. Дж.Гроссман (J.Grossman; Геологическое управление США в Рестоне), не отрицая космического происхождения образцов, подчеркивает невозможность их столь длительного сохранения: содержащиеся в них форстерит (оливин Mg_2SiO_4) и металлическое железо в земных условиях крайне нестабильны; если бы подобный метеорит упал на северо-западе США, где часты осадки, уже на следующий год его нельзя было бы отличить от почвы. В то же время далеко не каждый метеорит подвергается выветриванию без остатка: обломок в несколько миллиметров, найденный Ф.Кайтом (F.Kyte; Университет штата Калифорния) при бурении дна в северной части Тихого океана среди осадочных пород возрастом 65 млн лет, весьма вероятно, принадлежал небесному телу.

Геохимик Б.Шмитц (B.Schmitz; Гётеборгский университет) обна-

ружил несколько метеоритных тел размером с кулак в осадках, отложившихся 480 млн лет назад на юге Швеции. Правда, в этом случае почти все вещество претерпело изменения, за исключением хромита (FeCr_2O_4) — крайне стойкого минерала, нигде, кроме метеоритов, не встречающегося. Бекер и Поредде удалось обнаружить фуллерены еще и в обломках метеорита из Сасаямы (Япония), падение которого относится к границе мела и третичного периода. В образцах пород из гигантского кратера Садбери в Канаде (его диаметр в 250 км говорит о колоссальных масштабах столкновения с Землей) канадский геохимик Д.Моссман (D.Mossman) тоже обнаружил фуллерены. И все же их отсутствие в метеоритных телах отмечается значительно чаще, чем несомненные находки. Стремясь преодолеть разногласия, Бекер разослала ряду исследователей образцы из Графит-Пика, призвав коллег повторить ее собственные анализы.

Тем временем привязка различных эпизодов резкой смены земной фауны и флоры к космическим пришельцам становится все более распространенной. Недавно высказано предположение, что вымирание видов на границе палеоцена и эоцена (около 55 млн лет назад) было вызвано появлением кометы; несколько биокатастрофических событий связывают с падением крупных метеоритов в середине девонского периода, т.е. примерно 380 млн лет назад.

На конференции Американского геофизического союза (Сан-Франциско, декабрь 2003 г.) группа во главе с Басу, ранее уже работавшая с обломками метеорита, в которых содержались фуллерены, предъявила изображения микроскопических стеклянных шариков, только что найденных ими в том же районе ледника Бирдмор. Эти микросферы (тектиты) диаметром около тысячной доли сантиметра залегали в одном слое с фуллеренами.

Известно, что тектиты возникают в результате плавления зем-

ной коры при мощном ударе метеорита, а затем разлетаются из кратера на далекие расстояния. (Правда, подобные им мелкие шарики появляются и при сильных вулканических извержениях.) Тектиты, найденные теперь в Антарктиде, содержат смесь элементов, типичных для древних пород континента, расположенного где-то в тропиках. Именно там интенсивные дожди способны вымывать из почвы кальций, магний и натрий, что увеличивает относительное содержание в образцах таких металлов, как титан, алюминий, кремний и железо. Как раз это и наблюдается в изученных микросферах. К сожалению, назвать точный район в тропиках, где упал метеорит, пока не удается.

Работа коллектива во главе с Басу вызвала новую вспышку дискуссии относительно того, способно ли падение метеоритов привести не только к почти полной смене фауны и флоры, но и к грандиозным вулканическим событиям в тысячах километров от места удара. Так, вымирание множества видов на границе перми и триаса по времени точно совпадает с гигантским излиянием лавы в Сибири, а гибель ископаемых ящеров 65 млн лет назад — с мощными извержениями на п-ове Индостан. Простое совпадение столь редких событий маловероятно.

Science. 2003. V.302. №5649. P.1314, 1388; Times Science News. December. 2003. №16. P.1 (США).

Физика

В нанотрубках имоголита хранят природный газ

Японские ученые предложили использовать для хранения природного газа искусственный имоголит — аналог водного алюмосиликатного нанотрубчатого минерала вулканического происхождения.

Исследователи получали нанотрубки имоголита методом гидротермального синтеза. Адсорбцию метана синтезированным и при-

родным (контрольным) образцами измеряли взвешиванием на электронных весах в стальной ячейке при температуре 21°C и давлении до 8 МПа. Изотерму сорбции водяного пара определяли с помощью прибора «BELSORP-18» при 25°C.

Искусственный образец состоял из закрученных пучков, содержащих множество индивидуальных нанотрубок, его удельная поверхность равнялась 222 м²/г (у контрольного этот показатель 297 м²/г); он имел значительную фракцию пор радиусом 0.35 нм (средний радиус пор природного образца ~0.55 нм). Сорбционная емкость по отношению к метану у синтезированного имоголита оказалась равной 50.6 мг/мл при 4.05 МПа (у природного — 42.5 мг/мл при 4.09 МПа), что значительно выше значения этой величины при хранении природного газа под давлением (28 мг/мл при 4.0 МПа). Количество адсорбированной воды увеличивалось пропорционально давлению, достигая максимума ~80 масс.% у синтетического имоголита и ~60 масс.% у природного. Для повышения сорбционной емкости по воде и метану необходимо регулировать микро/мезопористую структуру поверхности и ее гидрофильные/гидрофобные свойства.

В настоящее время ученые изучают возможность модификации поверхности имоголита с целью создания многоцелевого адсорбента. Кроме того, ожидается, что использование алюмосиликатных нанотрубок, обладающих высокой сорбционной емкостью по метану, позволит существенно улучшить существующие методы хранения природного газа.

Journal Mater. Science. 2004. V.39. P.1799; http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/4_05/index.htm

Электроника

Молекулярные запоминающие устройства

«Природа» уже сообщала об изготовлении в 2002 г. компанией «Hewlett-Packard» первого модуля памяти, построенного на основе

молекулярной технологии¹. Однако настоящий прорыв в молекулярной электронике произойдет лишь тогда, когда будут созданы органические запоминающие среды, которые не разрушаются под воздействием высоких температур при изготовлении модулей памяти ($T \sim 400^\circ\text{C}$) и их эксплуатации (до 140°C), а также после 10^{12} циклов записи-считывания. (Опытные образцы создавали и испытывали при низких температурах, а число циклов было ограничено.)

Группа специалистов² одного из калифорнийских университетов разрабатывает запоминающие среды на основе молекул с окислительно-восстановительным (редокс) поведением, прикрепленных к электроактивной поверхности, в частности к Si(100). Информация в таких средах хранится в дискретных редокс-состояниях. В качестве активного элемента памяти исследователи выбрали порфирин: удовлетворяя всему набору требований к запоминающим средам, он обладает к тому же стабильными 2- и 4-битовыми (в зависимости от его архитектурного строения) редокс-состояниями, которые считываются при относительно низких (меньше 1.6 В) потенциалах. Время хранения заряда исчисляется в минутах (для сравнения: в полупроводниковых динамических запоминающих устройствах с произвольной выборкой — в миллисекундах). Благодаря таким свойствам удается создавать модули памяти с большой плотностью информации и низким энергопотреблением.

http://perst.issph.kiae.ru/inform/perst/4_01/index.htm

Биология

Вирус меняет поведение осы

Как известно, паразитические осы используют других насекомых в качестве «инкубатора». Так

¹ Первый молекулярный модуль памяти // Природа. 2003. №4. С.80.

² Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2003. №3. С.36.

поступает, например, оса *Leptopilina boulandi*: она откладывает в тело личинки плодовой мушки обычно одно яйцо. Вылупившаяся из него личинка осы питается тканями парализованной жертвы. Эти осы, как правило, избегают уже зараженных личинок, но иногда проявляют сверхпаразитизм: в одну личинку откладывают до десятка и даже более яиц. Причины этого феномена попытались выяснить французские биологи Ж.Варальди и М.Булетро (J.Varaldi, M.Bouletreau) и их коллеги.

У ос *L.boulandi*, отловленных во Франции и Португалии, в эксперименте был выявлен сверхпаразитизм, причем передавался он и следующему поколению. Исследователи пришли к выводу, что за это отвечает некий инфекционный, а не генетический фактор. И действительно, в тканях осиных самок были обнаружены следы вируса. Стоило заразить какую-нибудь самку тем же вирусом, как она становилась сверхпаразитарной.

Биолог-эволюционист Ж.ван Альфен (F.van Alphen; Лейденский университет, Нидерланды) полагает, что в будущем могут быть найдены и другие вирусы, вызывающие у насекомых различные поведенческие отклонения.

Изучение этого явления продолжают биологи и химики в разных научных центрах Европы и Азии.

Science. 2003. V.302. №5644. P.372, 437 (США); www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/1088798

Зоология

Новое семейство водных жуков

Среди обитающих в воде насекомых из отряда жуков есть представители одного «маленького» (Mухорhаgа) и двух «больших» подотрядов — разноядных (Polуrphаgа) и хищных (Aderphаgа, до словно «прожорливые»). Отнюдь не все «хищные» водные жуки — действительно хищники, хотя наиболее известные из них — крупные жуки-плавунцы — нападают,

в частности, на небольших рыб и земноводных. Ближайшие наземные родственники «хищных» водных жуков — жужелицы. В подотряд Aderphаgа, кроме многочисленного и разнообразного семейства жужелиц и двух близких к нему небольших семейств, входят только водные жуки: плавунцы, вертячки, плавунчики, толстотусы, а также представленные несколькими видами семейства Hygrobiidae и Amphizoidae³.

В 2002 г. И.Рибера, сотрудник лондонского Музея естественной истории (бывший Британский музей), и несколько его коллег описали новое семейство «хищных» водных жуков, получившее название Aspidytidae (от греческих слов aspis — «щит» и dytes — «ныряльщик»)⁴. Предложенное для нового семейства английское название «cliff water beetles» можно перевести как «водные жуки обрывов». Речь идет о каменистых обрывах в руслах рек, омываемых водой порогов и водопадов. В отличие от большинства плавунцов, водные жуки обрывов лишены бахромы из плавательных волосков на задних ногах. Представители нового семейства хотя и водные обитатели, однако плавать неспособны: они ползают под водой по камням, цепляясь за неровности поверхности. На первый взгляд такой жук напоминает маленькую (длиной около 0.5 см) блестящую темную гальку.

Первый описанный вид нового семейства получил название *Aspidytes niobe* — в честь Ниобеи, легендарной царицы Фив, которую Аполлон и Артемида наказали за хвастовство, убив ее детей. Ниобея превратилась в скалу, но продолжает плакать — скалу омывает вода высокогорных снежников. Скала, в которую превратилась Ниобея, находится в Малой Азии, на горе Сипил, а названный в честь Ниобеи жук обитает в Южной Африке, в окрестностях Кейптауна. Из нового семейства пока

³ Beutel RG. // Biology, phylogeny and classification of Coleoptera. V.1. Warszawa, 1995. P.173—217.

⁴ Ribera I. et al. // Proc. R. Soc. London. B. 2002. V.269. P.2351—2356.

известно два вида: уже упомянутый южноафриканский и еще один, *Aspidytes wrasei*, живущий в сходных местообитаниях на территории Центрального Китая (провинция Шэньси)¹.

© Петров П.Н.,
кандидат биологических наук
Москва

Экология

Борьба с разливами нефти

19 ноября 2002 г. у побережья Галисии — северо-западной исторической области Испании — затонул на расстоянии около 200 км от берега танкер «Prestige». Штормовые волны разломили корпус пополам, и не менее 79 тыс. т нефтепродуктов вылилось в море. Нефть загрязнила примерно 900 км испанского и французского побережий, в том числе ценные моллюсковые отмели.

Поначалу испанские власти реагировали весьма вяло, но после резкого протеста, подписанного более чем 400 учеными разных стран, отношение к катастрофе стало адекватным. Считалось, что к этому времени 38 тыс. т нефти еще можно было изъять из природной среды. За это бралась мадридская нефтеперерабатывающая и транспортная компания «Repsol», однако судно легло на дно почти на четырехкилометровой глубине, а с таких глубин нефтепродукты до сих пор не изымались.

На помощь пришли специалисты Университета в Уэльве (провинция Андалусия) и нескольких фирм, предоставивших спасателям дистанционно управляемые аппараты. В ноябре 2003 г. с их помощью удалось «запечатать» в корпусе несколько отверстий — выделение нефти сразу снизилось с 700 до 10 л/сут. Кроме того, было установлено, что на борту «Prestige» находится лишь 13.7 тыс. т горячего — намного меньше, чем ожидалось. Для изъятия нефтепродуктов использовались гигант-

ские пластиковые мешки, подводимые к затонувшему судну с помощью погружаемого аппарата; другой аппарат прорезал в борту небольшое отверстие, сквозь которое выкачивали нефть в мешок вместимостью 250 т. В первые же 18 ч удалось изъять 100 т нефти, не пролив в море ни капли. Затем мешок автоматически запечатывался и транспортировался на поверхность.

Такая технология, считает эксперт Р.Стейнер (R.Steiner; Университет штата Аляска в Фэрбенксе), весьма перспективна; она эффективней той, что использовалась в 1989 г. при аварии танкера «Exxon Valdez». По мнению испанского специалиста по биологии моря П.Серрета (P.Serret; Университет в Виго), новый способ приводит к сохранению водных организмов, легко уязвимых нефтепродуктами; а в числе его недостатков — длительность операций (не менее 3 мес) и невозможность их проведения при высоких волнениях моря, которые вблизи Бискайского залива достаточно часты. Стоимость операции составила 100 млн евро.

Science. 2003. V.302. №5650. P.1485 (США).

Организация науки

Основан институт по изучению Тибета

В марте 2003 г. Академия наук КНР основала Институт исследования Тибетского плато (Institute of Tibetan Plateau Research — ИТР). Он насчитывает 90 сотрудников и располагает отделениями в городах Лхасе, Пекине и Куньмине. Задачи института — разработать систему количественного мониторинга атмосферы, биосферы, криосферы и глубоких недр Тибетского плато, а также создать банк образцов местной флоры. Институт будет изучать геодинамику поднятия плато, изменение климата, адаптацию биологических видов к экстремальным климатическим условиям и координировать международные проекты изучения Тибета.

Тибетское плато представляет особый интерес для изучения генетической адаптации и эволюции биоразнообразия благодаря уникальному сочетанию экстремальных условий, сильно расчлененного ландшафта и высокого радиационного фона.

ITP Newsletter. 2003. №1 (КНР).

Организация науки. Гляциология

Очередной шаг к исследованию древнего льда Антарктиды

Международное гляциологическое сообщество предприняло шаги для объединения усилий в исследовании ледниковых покровов полярных и высокогорных областей нашей планеты. Кооперация программ бурения и изучения образцов древнего льда стала основной темой обсуждения на симпозиуме «Международное сотрудничество в области исследований ледяных кернов» (International Partnership for Ice Core Sciences — IPICS), которое состоялось 16—17 марта 2004 г. в конференц-центре, расположенном в 25 км от Вашингтона. В работе приняли участие более 60 специалистов из Австралии, Великобритании, Германии, Дании, Италии, Канады, Китая, России, США, Франции, Швейцарии и Японии.

Актуальность исследования ледников и ледниковых покровов ни у кого не вызывает сомнений. Накапливающийся слой за слоем лед становится своеобразным архивом состояния окружающей среды как в региональном, так и глобальном масштабе. При этом разрешающая способность палеоклиматических исследований ледяного ядра составляет несколько месяцев, а общая длительность записи достигает сотен тысяч лет.

На сегодняшний день возраст самого старого ледяного ядра определен примерно в 740 тыс. лет. Его извлекли в 2003 г. из скважины на Куполе С (Восточная Антарктида) с глубины 3201 м, рабо-

¹ Balke M., Ribera I., Beutel R.G. // Water Beetles of China. V.3. Vienna, 2003. P.53—66.

тая в соответствии с проектом EPICA (European Project for Ice Coring in Antarctica — Европейский проект колонкового бурения в Антарктике). Однако этот результат ученых уже не удовлетворяет — не исключено, что в той же Антарктиде имеются места, где возраст глубинного льда почти в два раза больше.

Исследованный ледяной керн позволяет выделить четыре межледниковых периода — примерно через каждые 100 тыс. лет, а в более древние времена — с меньшим промежутком времени. Причина такого сокращения циклов пока не ясна.

Решение проблемы, столь важной для понимания флуктуаций климата в четвертичный период, возможно лишь при объединении усилий стран — лидеров в области полярных исследований. Участники симпозиума направили свои предложения в Международный совет научных союзов, где создана группа по организации Международного полярного года (МПГ), проведение которого запланировано на 2007—2008 гг. (от России в нее вошел академик В.М.Котляков, директор Института географии РАН, видный отечественный гляциолог).

Подобные проекты уже осуществлялись в 1882—1883 гг. и 1932—1933 гг.; выдающимся событием стал Международный геофизический год (1957—1958), тоже начинавшийся как Международный полярный. Уже обсуждается программа нового МПГ, в нее войдет и глубокое бурение на ледяных покровах.

Для выработки стратегии научно-исследовательских работ в области изучения ледяных кернов участники симпозиума IPICS образовали два совета. Первый будет заниматься общими вопросами планирования и финансирования работ, второй (в нем предстоит участвовать и автору настоящей заметки) — разработкой и совершенствованием техники и технологии бурения скважин во льду.

© Талалай П.Г.,
кандидат технических наук
Санкт-Петербург

Океанология

Воды Роны текут до Барселоны

Гигантские «линзы» распресненных вод, поступающих из устьев рек, дрейфуют по акватории Средиземного моря. Для изучения структуры этих недавно открытых образований группа специалистов во главе с Ж.-Ж.Нодэном (J.-J.Naudin) в июле 2003 г. провела в Лионском заливе океанографическую съемку с борта судна «Тетис-11».

Оказалось, что р.Рона ежедневно сбрасывает в море 15 млн м³ вод, которые весьма медленно смешиваются с морскими. Одна часть распресненных вод придерживается устьевой зоны, другая дрейфует под воздействием силы Кориолиса, переносимая течениями и ветрами. Отдельные «линзы» за 10 сут достигали берегов Барселоны!

В некоторых из них исследователи обнаружили большие количества поллютантов (в частности, пестицидов, выносимых в море при выщелачивании почв), а также хлорофилла и биогенных элементов. Дрейф этих веществ на значительные расстояния играет важную роль в жизненных циклах микроорганизмов, обитающих в замкнутой акватории Средиземного моря. Собранные пробы вод дали обширную информацию об их солености, свечении и прозрачности, а также о временной и пространственной изменчивости температур.

Sciences et Avenir. 2003. №680. P.28 (Франция).

Климатология

Причины засухи в Северной Африке

Известно, что Сахель (широкая полоса полупустынь, протянувшаяся от приатлантического побережья Гвинеи с ее влажным тропическим лесом до берегов Нила) принадлежит к числу наиболее уязвимых в климатическом отношении зон земного шара.

Это следствие множества факторов, среди которых и уникальное географическое положение. С конца 1960-х годов Сахель претерпел беспрецедентную засуху. Для объяснения ее причин специалисты выдвигают две основные версии. Первая подчеркивает значение антропогенных факторов: перевыпас скота, массовое сведение лесов под сельскохозяйственные угодья. Действительно, они увеличивают отражающую способность поверхности, уменьшая поглощение солнечной энергии почвой и снижая количество атмосферной влаги; растительность начинает погибать, что еще более усиливает весь пагубный процесс. Вторая версия обращает внимание на изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции, связанные с многодесятилетними вариациями температуры поверхности Мирового океана.

Работа климатологов А.Джаннини и Р.Сараванана (A.Giannini, R.Saravanan; Национальный центр атмосферных исследований США в Боулдере) совместно с П.Чаном (P.Chang; Университет штата Техас в Колледж-Стейшене) содержит итоги моделирования хода температур в океане за 1930—2000 гг. При этом использованы результаты наблюдений общей циркуляции атмосферы, выполненные в Центре космических полетов им.Годдарда НАСА США. Построенная математическая модель дала хорошую корреляцию температуры поверхности океана и количества осадков в Сахеле. Основная роль в этой взаимосвязи принадлежит тем аномалиям температуры, которые временами наблюдаются в тропических акваториях Тихого, Атлантического и Индийского океанов, но, по всей видимости, объем осадков в разной степени зависит и от других океанических бассейнов с их «индивидуальными» межгодовыми и десятилетними масштабами перемен. Промоделировав осадки в условиях их высокой и низкой частоты, а также поочередно исключив воздействие того или иного бассейна, авторы полу-

чили хорошее согласие с реальностью.

Количественная оценка влияния суши на события в Сахеле более сложна, чем роли Мирового океана, если учитывать, разумеется, изменения в использовании земного покрова. Именно в случае Сахеля необходимо точнее знать, насколько значительное антропогенное вмешательство вообще имело там место. Согласно завершению в 2002 г. исследованию американских специалистов во главе с К.М.Тейлором (С.М. Taylor), которое включало динамику населения и характер использования земли за 35–40 лет, произошедшие перемены явно недостаточны, чтобы вызвать катастрофическую засуху. Но нельзя, конечно, утверждать, что все упирается лишь в температуру поверхности морских вод. Джаннини с коллегами нашли, что 65–75% наблюдаемых изменений в количестве осадков вполне могут быть следствием обратной связи между сушей и атмосферой (без прямого участия океана), что усилило бы тенденцию к засухам, поначалу инициированную переменной в температуре поверхностных слоев океана. Подобная обратная связь привела бы к сокращению растительного покрова, что, в свою очередь, снизило бы количество осадков. Рост альбедо и падение объема испаряющейся влаги были бы сходны с причинами, о которых говорят сторонники антропогенной гипотезы.

Нельзя исключить, что изменения температуры моря и естественная динамика растительного покрова при новом порядке использования земли взаимно усиливают друг друга и активизируют опустынивание региона. Отсюда возникает необходимость тщательно следить за океанологическими процессами, метеорологическими явлениями и строить более надежный прогноз их последствий. Этому и будет посвящен начинающийся проект — Междис-

циплинарный анализ африканских муссонов.

Science. 2003. V.302. №5647. P.999, 1027 (США).

Археология

Новая Гвинея: еще одна родина сельского хозяйства

До недавнего времени свидетельства первобытного земледелия находили в различных частях земного шара, за исключением Австралийского региона. В 70-х годах прошлого века английский исследователь Дж.Голсон (J. Golson) обнаружил в одной из болотистых местностей Новой Гвинеи остатки каналов метровой глубины, скрытые под тонким слоем почвы. Он счел их следами дренажной системы, вырытой древними земледельцами примерно 9 тыс. лет назад, но коллеги с ним не согласились.

Недавно австралийские ученые под руководством Т.П.Денэма (T.P. Denham; Национальный университет, Канберра) вновь заинтересовались этим районом. Они обнаружили и весьма точно датировали курганы, остатки столбов, вырытые ямы и другие археологические объекты. Все они свидетельствовали о том, как древние люди осваивали болотистые земли и постепенно совершенствовали методы их обработки. Выяснилось, что земледелие зародилось здесь около 10 тыс. лет назад, возраст искусственных насыпей 6400–7000 лет, а углублений — примерно 4000–4400 лет.

Исследователи обнаружили остатки древесины и семян, пыльцу, окаменелые частицы растений (фитолиты) и зернышки крахмала, полученного из клубней таро, которые обрабатывались с помощью примитивных каменных орудий. Возраст зерен крахмала (6400–6950 лет) свидетельствует о культивировании таро уже в раннем голоцене (в диком состоянии это растение в данной

местности не обнаружено). В виде фитолитов чаще всего встречались остатки бананов; время их произрастания исследователи отнесли к периоду, отстоящему от нас на 7 тыс. лет.

Science. 2003. V.301. №5630. P.180, 189 (США).

Палеолингвистика. Археология

Сражение вокруг ольмекских иероглифов

В 1986 г. специалисты по древним языкам Центральной Америки Дж.Джастсон и Т.Кауфман (J. Justeson, T. Kaufman) завершили изучение надписи на каменной стеле, обнаруженной на берегу одной из мексиканских рек. Эта работа стала первым серьезным переводом иероглифов, которыми пользовались ольмеки около 2 тыс. лет назад.

До наших дней дошло очень мало подобных текстов¹. И вот недавно в районе расселения древних ольмексов нашли каменную маску, покрытую иероглифами, которые весьма сходны с нанесенными на стелу. Палеолингвист С.Хьюстон (S. Houston; Университет Б.Янга, Прово) и археолог М.Коэ (M. Coe; Йельский университет в Нью-Хейвене), убедившись в том, что оба текста написаны на одном и том же языке, пришли к выводу: расшифровка надписи на стеле неверна, поскольку при подстановке тех же значений 101 иероглифа в текст на маске получалась бессмыслица.

Не все коллеги согласны с Хьюстоном и Коэ. Однако и они признают, что ни одну расшифровку нельзя считать истинной, пока в руках ученых не окажется двуязычный текст (как, например, на знаменитом Розеттском камне).

Science. 2003. V.303. №5662. P.1287 (США).

¹ См. также: Как появилась письменность в Америке? // Природа. 2003. №10. С.81–82.

Знаки Вселенной

В.Г.Сурдин,
кандидат физико-математических наук
Москва

Астрономы-наблюдатели, вооруженные телескопами, изучают Космос, а затем рассказывают о том, что они увидели на небе. Желая узнать, как выглядит Вселенная, приходится верить им на слово. Тут и возникают вопросы. Насколько похожи эти рассказы на реальные объекты? Насколько адекватно они передают их важнейшие свойства? Что мы видим на астрономической иллюстрации — копию или символ? Как трансформируются от эпохи к эпохе астрономические знаки? Книга К.В.Иванова, как написано в аннотации, посвящена как раз этим вопросам.

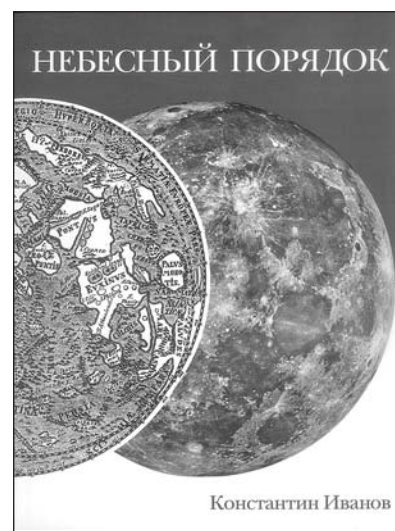
Скажу сразу: заявленная тема не раскрыта полностью, поэтому трудно согласиться с редактором книги, назвавшим этот труд монографией. Впрочем, сам автор скромнее, поскольку честно указывает: «Эта книга объединяет несколько эссе, в которых я стараюсь передать, как менялось отношение к небу с древности до начала XX столетия» (с.7).

Нужно признать, что тема действительно очень интересна и фактически не разработана. В свое время телескоп и микроскоп чрезвычайно расширили возможности естествознания, появилась проблема презента-

ции результатов наблюдений, и каждым поколением ученых после очередной технологической революции она решается по-своему. Автор не зря обращает внимание читателя на самый первый шаг в построении рациональных моделей действительности — превращение данных чувственного опыта в знак, поддающийся прочтению и трансляции» (с.5).

До сих пор этим знаком было слово. А язык астрономов своеобразен: планетарные туманности не имеют отношения к планетам; сверхновые звезды в действительности сверх-старые; азимут астрономический совсем не то, что азимут геодезический или географический. Кажется бы, графические знаки понятнее текстовых («нарративных» в терминологии автора книги), но и с ними есть проблемы.

Книга состоит из пяти глав. Первая — «Небесный порядок» — посвящена раннему, до-телескопическому этапу восприятия неба. К сожалению, в ней нет четкого разграничения между художественной и научной презентацией небесных явлений, корни которых (раздельно!) уходят в глубокую древность. В результате довольно поверхностного обсуждения темы автор заключает: «Небо, как объект восприятия, отлича-



Иванов К.В. НЕБЕСНЫЙ ПОРЯДОК.

Тула: Гриф и К, 2003. 164 с.

ется от восприятия ближайшего земного окружения, что придает ему отличный от земли визуальный статус». Прямо скажем, не очень глубокий вывод. А ведь можно было бы обсудить, к примеру, «визуальный статус» Луны — единственного небесного тела, у которого без телескопа видна структура поверхности. Связано ли это с разграничением «подлунного» и «надлунного» миров? Когда и как появились первые карты Луны? Да мало ли интересных вопросов!

Однако при обсуждении эпохи, предшествовавшей телескопу, автор далеко отошел от темы и сосредоточился не на том, как изображалось небо, а на том, как воспринимались небесные явления в качестве знамений, фактически — на астрологии. Он видит влияние астрологии на астрономию даже на пороге эпохи Просвещения: «В частности, провидческие тенденции могли направлять внимание астрономов на наблюдение совершенно особых астрономических объектов, как это было, например, с наблюдением сверхновых в XVI—XVII вв.» (с.32).

Заметим, что проверить эту гипотезу несложно: последним великим астрономом, практиковавшим астрологию, был И.Кеплер, как раз наблюдавший сверхновую на пороге XVII в. Она вспыхнула 9 октября 1604 г. в созвездии Змееносца и оказалась исключительно яркой, сравнявшись по блеску с Венерой. Кеплер внимательно наблюдал за появлением и угасанием новой звезды и в 1606 г. опубликовал большой трактат «De stella nova», в котором он пытается, разобрав это явление с различных точек зрения, выяснить его причины. Разумеется, тогда он не мог решить этот вопрос и понять физику явления. Что же касается его астрологического значения, то Кеплер говорит прямо: «Если кто спросит — что же случится? что предвещает эта звезда? — тому я отвечу без всяких колебаний: предвещает целую кучу всяких

сочинений, которую напишут о ней различные ученые, и множество работы для типографий». Вспомнив немецкую поговорку «Новая звезда — новый король», Кеплер иронически добавляет: «Удивительно, что ни один честолюбец не воспользовался этим новым знамением».

Вернемся к изображению неба. Присутствие на старинных картах «дискретных» звезд и «континуальных» мифических фигур Константин Иванов характеризует как *конфликт кодировок*. Он считает, что этот конфликт «явственно ощущается даже сегодня. Зачем, например, современным астрономам делить небо на созвездия?» (с.35). Сам автор ответить на этот вопрос не взялся. А рассмотрим он проблему чуть пошире, обрати внимание на географические карты и другую научную графику, то понял бы, что вместо слова «конфликт» лучше употребить «дополнительность», тогда и вопроса бы не возникло.

Условные астрономические, географические и прочие изображения и названия («знаки») потому и выглядят архаично, что уже давно и надежно выполняют свою функцию.

Астрономам нужны не только точные координаты на небе, но и ориентиры. Поэтому живы созвездия. А рисунки мифических фигур на картах меняются от эпохи к эпохе.

Вторая глава, на мой взгляд, наиболее интересная, называется «Другое небо» и содержит историю переворота в сознании наблюдателей, связанного с изобретением телескопа. После демонстрации Г.Галилеем в Болонье своих зрительных труб, М.Горки писал Кеплеру: «Я испытывал инструмент Галилея бесчисленным количеством способов как для земных, так и небесных объектов. На земле он работает восхитительно; на небесах — обманывает, ибо некоторые одиночные звезды кажутся двойными <...>. У нас все пришли к выводу, что инструмент Галилея вводит в заблужде-

ние» (с.39). А ведь звезды и вправду были двойными!

Наблюдение в телескоп — это искусство, требующее способностей и длительной тренировки. Даже имея предварительную информацию о том, что должен увидеть, не всегда удается заметить это в телескоп. Что же говорить о первопроходцах! Им было трудно не только увидеть самим, но и убедить других.

Только астроному ведомо, насколько далек мерцающий и мутный диск Марса, наблюдаемого в телескоп, от воспроизведенного в книге рисунка его поверхности, исчерченной сетью каналов. Сколько раз мне приходилось выслушивать разочарованных знакомых, впервые пришедших посмотреть в телескоп. Их ожидания не оправдываются никогда! Привыкшие к сочным изображениям космоса, почерпнутым из фантастических фильмов и глянцевых альбомов, они порой не видят деталей даже на диске Юпитера — самой впечатляющей из планет.

Во второй главе очень интересно воспроизведена дискуссия о кольцах Сатурна, развернувшаяся в середине XVII в. между К.Гюйгенсом, Я.Гевелием и другими наблюдателями. Далеко не все соглашались с Гюйгенсом, что Сатурн окружен кольцом; для объяснения предлагалось несколько конфигураций из спутников планеты. Посредником в споре астрономы выбрали своего общего покровителя — князя Леопольда де Медичи, на средства которого была основана Академия Дель Чименто. «Были построены модели Сатурна, соответствующие обеим гипотезам. Они рассматривались с определенных дистанций в телескопы различной конструкции, разрешающей способности и величины. Показания людей, неосведомленных в том, какую модель они рассматривают, тщательно записывались и впоследствии сверялись. Решение было принято в пользу гипотезы Гюйгенса» (с.54). При этом члены Академии даже

уточнили его модель, показав, что кольцо должно быть очень тонким. (Гюйгенс считал его толстым.)

«В ходе этого спора Академия Дель Чименто дала начало еще одной процедуре, которая могла облегчить сертификацию телескопических наблюдений — проверке технического совершенства оптических приборов. Для этого была разработана методика, напоминающая сегодняшнюю процедуру проверки зрения. Различные наборы букв, напечатанные на листе бумаги шрифтом разного размера — от крупного до самого мелкого, — помещались на значительном расстоянии от наблюдателя. Разрешающая способность и увеличение инструмента считались более высокими, если с его помощью можно было различить меньший кегль. Этот вид проверки быстро вошел в моду и приобрел репутацию увлекательного состязания» (с.54). Учеными двигало естественное желание понять, «в какой мере то, что видит наблюдатель, соответствует действительному положению вещей, а не является результатом оптических искажений или фантазий». Академики пытались придать этой процедуре публичный статус, привлекая максимально широкий круг лиц, в том числе неграмотных.

Нужно заметить, что проблема верификации астрономических наблюдений, которую начала решать Академия Дель Чименто, в скором времени переросла в проблему репутации астрономов-наблюдателей. Дело в том, что кроме явлений, сложных для наблюдения, но постоянных, есть широкий класс уникальных временных явлений, наблюдать которые часто удается лишь одному астроному или научному коллективу. Поэтому до сих пор актуален вопрос о доверии наблюдателю и качестве его результатов.

Выбор названия для третьей главы — «Дрожание воздуха и сотрясение почвы» — остался

для меня неясным, ибо она посвящена обнаружению переменных звезд и изменчивости вида протяженных объектов низкой поверхностной яркости («туманностей») при их наблюдении в телескопы различной конструкции. Здесь же обсуждается влияние физиологических особенностей наблюдателя на процесс измерения, в частности, цвета и яркости объектов. А еще читатель узнает о том, что «Цветовая номенклатура натуралиста» Р.Ридвэя предназначалась для описания оперения птиц, что «Цветовой репертуар» был опубликован в 1905 г. Французским обществом хризантемистов, и что в языке южноамериканских индейцев мало слов для указания цвета.

Четвертая глава — «Технологическое зрение» — посвящена освоению астрономами фотографического процесса. В ней автор также расширяет кругозор читателя, сообщая, что фотография применялась не только в астрономии: клиническая фотография доктора Х.В.Даймонда использовалась для физиогномической идентификации типов сумасшествия (1856), в опытах Э.Ж.Марея и Э.Мьюбриджа изучались движения животных (1882), снимки растений были получены Ф.Тальботом, а доктор К.Г.Штратц даже издал антропологический атлас «Красота женского тела» (1898)!

Весьма полезным можно считать напоминание о том, что еще в первой половине XX в. некоторые астрономы пытались при наблюдении глазом превзойти фотопластинку. И не без оснований! Глаз — удивительный прибор, окончательно сдавший свои позиции лишь под натиском современной электроники. Как верно отметил автор книги, даже получив фото небесного объекта, астрономы часто транслировали его читателям с помощью глаза и штрихового рисунка. К сожалению, при этом совершенно не проанализированы особенности типографского процесса, часто

вынуждающие исследователей (еще и сегодня) преобразовывать полутоновые изображения в штриховые, безусловно, огрубляя действительность.

Пятая глава — «Рождение миров» — выпадает из заявленной темы книги, поскольку посвящена генезису космогонии, в частности, анализу космогонических гипотез, возникших на рубеже XIX—XX вв.

«До второй половины XVIII столетия космогоническое рассуждение строилось на принципах креационистского характера. Во вселенной безусловно царил порядок и гармония, подчиняющиеся математическому описанию, однако этот порядок представлял собой результат божественного творения. То, как создавались небесные тела, не входило в круг вопросов новоевропейской космогонии. Мир был создан в том виде, в каком он предстал взору наблюдателя, а законы, которые им управляли, только поддерживали и сохраняли этот порядок, но были не в силах его изменить» (с.122).

Чтобы возразить автору, напому первый пришедший на память эпизод. Вечером 11 ноября 1572 г. известный астроном Тихо Браге обвел взглядом небосвод и, пораженный, замер: знакомые очертания Кассиопеи были нарушены — вместо легко узнаваемой фигуры «W» он увидел совсем иное: левее знакомого зигзага, рядом со звездой Каппа Кассиопеи сияло новое яркое светило! В то время как некоторые астрономы — современники Тихо — склонялись к мысли, что это была комета, он сам твердо заявил, что это далекая звезда, и даже пытался истолковать физическую природу редкого феномена, предположив, что звезда образовалась в результате конденсации тонкой светлой небесной материи, которую видно в Млечном Пути. При этом Тихо указал на темное пятно вблизи Млечного Пути, как на дыру, возникшую при этой конденсации. Все это

произошло за два века до объявленного Константином Ивановым зарождения современной космогонии.

В заключение автор подводит итог сказанному, намечая путь дальнейшего исследования — изучить влияние цифровых технологий на восприятие астрономических изображений. Достойная задача. Надо признать, что до сих пор наше желание увидеть Вселенную реализуется двумя путями: либо мы учимся смотреть в телескоп, либо ожидаем от астрономов адекватного изображения увиденного ими. Нас восхищают прекрасные изданные энциклопедии столетней давности, полные четких гравюр и ярких хромофотографий. Но каждый понимает, сколь далеки они от реальности. К примеру, как изобразить кусочек звездного неба? Что лучше: белые звезды на черном фоне или черные на белом (негатив, с которым обычно работают астрономы)? А как передать на листе бумаги различную яркость звезд? А их цвет (и надо ли это делать)?

К счастью, достижения последних лет существенно улучшают ситуацию в этой области. Во-первых, с появлением ПЗС-матриц технические возможности астрономов существенно

расширились: камера телескопа теперь во многом подобна глазу. Во-вторых, экран компьютера во всех отношениях (кроме цены) превосходит лист бумаги. В-третьих, Интернет сделал общедоступными не только астрономические изображения в их исходном виде, но и сам процесс телескопических наблюдений. В связи с этим заметим, что обсуждаемые автором книги проблемы презентации астрономических изображений плавно переходят из философско-психологической плоскости в коммерческую.

В конце книги приведен список иллюстраций, дословно повторяющий подписи к рисункам, но не указывающий не только страницу, на которой расположен рисунок, но и источника, из которого он заимствован. В наше время «копирайтов» это выглядит весьма странно. Возможно, автор оправдывает это малым тиражом книги — всего сто экземпляров, так сказать, «для служебного пользования». Но при этом авторским копирайтом издание защищено и указан номер ISBN.

К чести издателя отметим, что в полиграфическом смысле книга выглядит весьма привлекательно. А вот читается нелегко, в частности, из-за огромного

количества примечаний в сносках, объем которых на странице порой превышает основной текст. Он более всего напоминает сайт в Интернете, уступая ему в том смысле, что язык гипертекстовой разметки (HTML) позволяет на время спрятать примечания, а бумажная страница для этого не годится.

Стиль книги — это смесь исторического, технического, физиологического, психологического и культурологического языков, что невольно наводит на мысли о скрытом цитировании. В целом же это реферат на тему «Изобразительный язык астрономии», в котором относительно полно раскрыт переход от визуальных наблюдений к телескопическим и фотографическим. Безусловно, эту книгу нельзя назвать монографией в традиционном смысле: в ней практически нет собственных изысканий и оригинальных выводов, она не опирается на предшествовавшие публикации автора. Тем не менее, для историков науки и астрономов книга небезынтересна, поскольку указывает важное направление исследований. Хочется верить, что и автор книги в своих будущих публикациях раскроет эту интересную и действительно актуальную тему. ■

Биология

В.В. Жерихин. ИЗБРАННЫЕ ТРУДЫ ПО ПАЛЕОЭКОЛОГИИ И ФИЛОЦЕНОГЕНЕТИКЕ. Под ред. Г.Ю. Любарского, К.Г. Михайлова, А.П. Расницына. М.: Т-во науч. изд. КМК, 2003. 542 с. (Из сер. «Классики современной отечественной биологии».)

В первой книге новой серии, посвященной современ-

ной отечественной биологии и ее творцам, собраны основные теоретические работы выдающегося биолога и палеонтолога Владимира Васильевича Жерихина (1945—2001), руководившего лабораторией палеоэкологии в Палеонтологическом институте РАН. Подготовка издания велась около пяти лет и была начата еще при жизни автора, который активно помогал в подборе материалов,

предоставив не только уже вышедшие статьи и главы из своих монографий, но и неопубликованные рукописи и тексты докладов.

Основное внимание уделено работам, имеющим отношение к теории эволюции многовидовых сообществ (филоценогенезу) — главной и самой интересной, по мнению составителей, теме исследований Жерихина. О том, как сформи-

ривалась эта теория, а также о самом ученом рассказал в предисловии А.С.Раутиан, знавший Владимира Васильевича со школьных лет.

Три статьи были переведены с английского языка. Полностью переработан справочно-иллюстративный аппарат.

География

И.К.Лурье, А.Г.Косиков. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ / ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ. Под ред. А.М.Берлянта. М.: Научный мир, 2003. 168 с.

На географическом факультете Московского государственного университета им. М.В.Ломоносова были подготовлены новая программа и учебный курс по дисциплине «Дистанционное зондирование и географические информационные системы». Разработки выполнены в рамках Международного проекта REAR (Региональное сотрудничество университетов), руководимого Британским советом. В работе участвовали кафедры рационального природопользования, картографии и информатики МГУ, а также географический факультет Кембриджского университета. Руководители российской части программы — профессора А.П.Капица и А.М.Берлянт.

Основная цель — освоение современных методов картографии, аэрокосмических исследований, компьютерной обработки геоизображений, геоинформационных и телекоммуникационных технологий для решения задач управления и охраны окружающей среды.

Первая часть пособия «Основы геоинформатики и создания ГИС» была издана в 2002 г.

Данная книга стала второй частью, в которой излагаются основы аэрокосмического зондирования и тематического дешифрирования снимков, теория и практические алгоритмические методы обработки данных аэрокосмической съемки.

Археология

Т.И.Алексеева, Д.В.Богатенков, Г.В.Лебединская. ВЛАХИ. АНТРОПО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ (По материалам средневекового некрополя Мистихали). М.: Научный мир, 2003. 132 с.

Влахи считаются потомками племен, которые жили на Балканах до прихода славян. Будучи пастухами в горах, они, помимо основного своего занятия — овцеводства, сопровождали торговые караваны. Позднее вели торговлю с турками.

В книге описаны результаты комплексного исследования палеоантропологических материалов из могильника Мистихали, расположенного на территории современной Герцеговины. При раскопках были найдены монеты, которые позволяют отнести захоронение в Мистихали к середине XV в. Реконструкция и изучение процессов биологической адаптации влашской популяции проводились с привлечением данных краниологии и морфологии скелета, методов палеодемографии и палеопатологии. Авторы рассматривают вопросы происхождения и формирования средневекового населения Балкан.

Материал был собран в 1967—1968 гг. Американско-Югославской экспедицией в пограничном районе между Боснией, Герцеговиной и Черногорией. По условиям соглашения между сторонами коллекция хранилась в Гарварде. Ранее подробно антрополо-

гическому исследованию она не подвергалась.

История науки

ВЛАДИМИР ИОСИФОВИЧ ВЕКСЛЕР. Ред.-сост. М.Г.Шафранова. Дубна: ОИЯИ, 2003. 407 с.

Выдающийся ученый-физик Владимир Иосифович Векслер (1907—1966) известен как автор принципа автофазировки — одного из крупнейших открытий XX столетия, на основе которого работают гигантские циклические ускорители заряженных частиц на высокие энергии. Благодаря применению автофазировки стала возможна современная экспериментальная физика элементарных частиц. За это открытие Владимир Иосифович был удостоен международной премии «Атом для мира». Он также лауреат премии Академии наук СССР за оригинальную систему счетчиков частиц и исследования жесткой компоненты космического излучения.

В Физическом институте им.П.Н.Лебедева под руководством Векслера были организованы научные экспедиции на Эльбрус и Памир для исследования космического излучения, разработаны и сооружены первые советские синхротроны. В Объединенном институте ядерных исследований (Дубна) он возглавил проект создания синхрофазотрона — на том этапе самого мощного ускорителя в мире.

В книге рассказывается не только о жизни ученого, его успехах в науке и организаторской деятельности, но и о тех, кто был рядом — коллегах, друзьях, близких. Многие материалы несут отпечаток политической атмосферы того времени. Здесь же нашла отражение сложная история представления Векслера на соискание Нобелевской премии (см.: Природа. 2002. №8).

«Натуралистом я был рожден»

Н.М.Пантеева

Саратовский областной музей краеведения

Н.П.Макаров,

кандидат исторических наук

Красноярский краеведческий музей

В фондах саратовского и красноярского краеведческих музеев хранятся коллекции материалов о жизни и деятельности замечательного ученого, ботаника, натуралиста и естествоиспытателя, орнитолога с мировым именем, выдающегося путешественника, краеведа, археолога, этнографа и организатора музейного дела Аркадия Яковлевича Тугаринова.

Родился Аркадий Тугаринов 10 ноября 1880 г. в Саратове, в семье земского деятеля Якова Яковлевича Тугаринова. Среднее образование Аркадий получил в саратовском Александро-Мариинском реальном училище. В школьные годы начал интересоваться ботаникой, собирал цветущие растения и составлял гербарии, часами мог наблюдать за движением облаков, полетом птиц. «Натуралистом я был рожден», — так на склоне лет напишет о себе Тугаринов.

Казалось, что дальнейшая судьба его предрешена. После окончания училища — биологический факультет Казанского университета. Но этим планам не суждено было осуществиться. Ко времени окончания учебы отец потерял работу и вскоре умер. Аркадий вместе со своей старшей сестрой Варварой становится опорой семьи. Он иногда подрабатывал репетиторст-

вом, но теперь был вынужден искать постоянную работу.

Интерес к естествознанию привел Тугаринова в почвенную лабораторию губернского земства, которую возглавлял Н.А.Димо, впоследствии крупный ученый-почвовед. Частые служебные выезды и геоботанические экспедиции в разные уезды Саратовской губернии позволили ему продолжить занятия любимой ботаникой, а позже пробудили интерес и к зоологии.

Особенно близко Тугаринов сошелся со студентом Казанского университета ботаником Б.А.Келлером, почвоведом Т.П.Гордеевым и зоологом И.А.Шульгой. В фондах Саратовского областного музея краеведения (СОМК) хранится подлинный экскурсионный билет А.Я.Тугаринова №29 от 27 апреля 1897 г. для участия в организованной Саратовским обществом естествоиспытателей и любителей естествознания (СОЕ) энтомологической экскурсии по окрестностям города. На оборотной стороне билета — карандашная надпись: «Это была моя первая “научная” экскурсия, когда я с благоговением взял в руки сачок, морилку для насекомых и т.п. Ходили на Кумысную поляну».

В 1900 г. Аркадий изучал флору окрестностей с. Чемизовки Аткарского уезда, наследст-

венного имени вице-президента СОЕ П.П.Подъяпольского, был наблюдателем на местной метеостанции. Результатом исследований стала первая научная работа Тугаринова «Материалы к флоре Аткарского уезда Саратовской губернии», заслушанная в 1901 г. на заседании СОЕ и опубликованная в Трудах Общества. Тугаринов совместно с Келлером сформировал несколько комплектов «Гербария для семьи и школы» из 60 видов местных растений. Гербарий продавался по 3 рубля и пользовался спросом.

В 1901 г. Аркадий Яковлевич участвовал в работе съезда естествоиспытателей в Санкт-Петербурге, где познакомился с разными учеными и краеведами, в том числе с коллегами из Красноярска.

В 1902 г. в составе почвенного отряда Губернского земства он провел ботанико-географическое исследование Царицынского уезда. В том же году принял участие в ботанической экспедиции в Астраханскую губернию на средства Саратовского и Казанского обществ естествоиспытателей.

В 1903 г. была опубликована вторая научная работа Тугаринова «Некоторые данные для ботанической географии Царицынского уезда Саратовской губернии».

В последующие годы своей жизни Аркадий Яковлевич продолжал интересоваться флористикой и геоботаникой, но только в плане зоогеографических, орнитологических и экологических исследований.

Являясь активным членом орнитологического кружка, созданного в 1903 г. в составе СОЕ, Тугаринов изучал орнитофауну Саратовской и сопредельных с ней Воронежской и Самарской губерний.

Будучи препаратором, коллектором и хранителем Естественно-исторического музея СОЕ, Аркадий Яковлевич за короткий срок привел в порядок все музейные коллекции. В определении «гадов и пресмыкающихся» ему помогал зоолог из Харькова профессор А.М.Никольский, лишайников — крупный специалист по споровым растениям Санкт-Петербургского ботанического сада А.А.Еленкин. В 1903 г. благодаря стараниям Тугаринова Естественно-исторический музей, размещавшийся в доме Т.М.Лобановой (ул.Московская, д.13), был открыт для посетителей.

В саратовский период произошло становление Аркадия Яковлевича как натуралиста, естествоиспытателя и краеведа. Деятельность в СОЕ позволила ему приобрести навыки научно-исследовательской работы и организации музейного дела.

В ноябре 1904 г. Тугаринову предложили занять вакантный пост заведующего музеем Красноярского отделения Географического общества, несмотря на отсутствие у него диплома о высшем образовании. Были приведены убедительные аргументы: в Сибири отдадут предпочтение человеку дела, а «не дипломированной единице, как в европейской России», зарплата — 600 руб. в год (почти в 2 раза выше, чем в Саратове).

Главная же причина переезда в Красноярск — слабая изученность края и в связи с этим неограниченные возможности проведения научных исследова-

ний в разных направлениях, причем за счет богатого Географического общества.

Судя по первым письмам из Красноярска жене в Саратов, ни музей, ни город Аркадию Яковлевичу не понравились. Музей располагался в тесном непригодном помещении с низкими потолками и подслеповатыми окнами на втором этаже бывшего Гостиного двора. Здесь же в здании музея Тугаринову было предоставлено жилье. Первое время он приводил в порядок и описывал музейные коллекции, по воскресеньям принимал посетителей и водил экскурсии, заведовал библиотекой.

В феврале 1905 г. на заседании распорядительного комитета он доложил о состоянии музея и его предполагаемой реконструкции. Позднее им был опубликован «Краткий обзор городского музея»: исторический очерк, характеристика коллекций, список дарителей. В марте Аркадий Яковлевич стал членом Географического общества и активно включился в исследовательскую работу. Используя накопленный в СОЕ опыт, начал с фенологических наблюдений. Из-за отсутствия финансовых средств Аркадий Яковлевич не мог организовывать дальние экспедиции и ограничился изучением окрестностей Красноярска. С помощью жены Веры Ивановны им было собрано 1500 предметов по зоологии, ботанике, этнографии, археологии и геологии.

Инициативность и работоспособность Тугаринова были замечены и оценены Географическим обществом. Специальная комиссия объединила коллекции двух музеев. Тогда же Аркадий Яковлевич был назначен заведующим, позже директором музея Приенисейского края. С 1914 по 1925 г. Тугаринов руководил Красноярским отделением Географического общества.

Покинув Саратов, Аркадий Яковлевич не прерывал контак-



А.Я.Тугаринов (1880—1948).

тов с родным городом. 23 марта 1908 г. он становится действительным членом Саратовской Ученой архивной комиссии (СУАК), передает в дар музею археологические находки (орнаментированные черепки глиняной посуды, осколки кремния). В отчете о деятельности СУАК за 1912 г. есть запись: «В минувшем году Комиссией на пожертвования был приобретен фотоаппарат, благодаря чему появилась возможность подвигнуть дело сохранения архитектурных памятников местной старины, ввиду быстрого их уничтожения, на что особенно обратил внимание побывавший в Саратове из далекой Сибири, бывший саратовец, член наш, Аркадий Яковлевич Тугаринов».

Он был прекрасным фотографом. Многочисленные фотографии разнообразных ландшафтов Сибири украшали музей. Открытки с видами Красноярского края, изданные в первые десятилетия XX в., были выполнены с его негативов. В 1913 г. Тугаринов передал альбом фотографий Ф.Нансену.

Грандиозные задачи по изучению природы и населения всего Приенисейского края в течение 20 лет были решены.



Саратовское реальное училище.

Тугаринов сумел тщательно спланировать и организовать многочисленные экспедиции: ботанические, зоологические, археологические, этнографические, в ходе которых были собраны ценные научные данные и уникальные коллекции. По сей день они составляют гордость Красноярского музея. Аркадий Яковлевич побывал в горах Урянхая (ныне Республика Тыва), в Монголии, на Майском Белогорье, в тундре и на побережье Северного Ледовитого океана. Тысячи километров были преодолены пешком, на лошадях, на плотах.

Еще в саратовские годы проявился интерес к изучению птиц. Сотни лично им отстреленных птиц легли в основу уникальной сравнительной коллекции. В 1911 г. вышла монография Тугаринова «Материалы по птицам Енисейской губернии», первая капитальная сводка по орнитологии, написанная в соавторстве с С.А.Бутурлиным. Эта работа была переведена на немецкий язык и издана в Германии. В 1913 г. Тугаринов написал несколько статей по орнитофауне Саян, а в 1916 г. — о птицах северо-западной Монголии. В 1927 г. уже

в ленинградский период вышла работа «Птицы Приенисейской Сибири».

Свои выводы и соображения по истории формирования современных ландшафтов Сибири Тугаринов изложил в работах «Географические ландшафты Приенисейского края», «Зоогеографические участки Приенисейской Сибири», «К послетретичной истории ландшафтов Сибири».

Значителен вклад Тугаринова и в археологию. Он провел первые археологические раскопки на Базайской стоянке древнего человека (окрестности д.Базаиха). Позднее открыл палеолитическую стоянку, раскопал пещеру в окрестностях Красноярска. Особо важное значение имели раскопки кургана у д.Андроновой в Ачинском уезде в 1914 г. Здесь были сделаны первые находки предметов неизвестной ранее культуры бронзового века, которая впоследствии получила название андроновской.

Не менее интересны и значимы этнографические исследования ученого. Во время многочисленных экспедиций он изучал культуру коренных народов Сибири: эвенков, сойо-

тов, тунгусов, камлажей (камасинцев), ныне малочисленных и исчезающих.

Организованные Тугариновым этнографические вечера были событием культурной жизни Красноярска. Музейные работники в соответствующих костюмах разыгрывали театрализованные представления: свадьбы (русскую, татарскую), сибирские праздники, сцены из жизни латышской деревни, пели старинные песни — русские, белорусские, киргизские, татарские, польские, еврейские. Апофеозом праздника, состоявшегося в 1913 г. в городском театре, стало театрализованное представление «Ермак над Иртышом».

Тугаринов был не только режиссером, но и сценаристом вечеров, аранжировщиком и аккомпаниатором всех исполнявшихся народных песен. Его организаторский талант ярко проявился и при создании выездных показательных выставок.

В Омске, на Западно-сибирской выставке 1911 г., Красноярский музей представил наиболее яркую экспозицию о природе Приенисейского края и получил высшую награду — почетный диплом, а его директор — малую золотую медаль.

Столь же высоко было оценено участие Красноярского музея в Московской выставке 1923 г., посвященной достижениям многонациональной советской России. Жюри выставочного комитета отметило работу дипломом, а Тугаринова и его помощника А.Я.Яворского наградило серебряными медалями.

Популярными были лекции Аркадия Яковлевича по истории и природе края, которые он читал в Томском университете.

Весомый вклад внес Тугаринов и в музейное строительство. Им были высказаны предложения о создании курсов по теории и практике музейного дела, издании своего печатного органа. В 1921 г. на Всесоюзном съезде краеведения Аркадий Яковлевич выступил с докладом

«Современность и пути краеведческой работы». Он разработал первую научно обоснованную структуру краеведческого музея, которая послужила основой для создания других музеев в СССР.

В красноярский период Тугаринов состоялся прежде всего как ученый-исследователь широкого масштаба, настоящий энциклопедист сибирского краеведения. Проявились и получили развитие задатки умелого организатора и талантливого руководителя. Главным достижением Тугаринова стало создание коллектива единомышленников, сумевших превратить некогда запущенный маленький музей в крупный научный центр.

Жизнь и деятельность Тугаринова на сибирской земле проходила в исторический период, богатый на разные политические события, сопровождавшиеся сменой власти. Во время февральской революции, будучи членом комиссии по изъятию из жандармского управления хранящихся там дел, Аркадий Яковлевич способствовал передаче в музей таких бесценных документов, как письма декабристов. Вскоре он в качестве комиссара продовольствия был командирован Временным правительством в Туруханский край. Более года провел на севере уже при Советской власти, занимаясь доставкой продуктов. Вернулся в Красноярск уже при Колчаке. Узнав, что в армии, за неимением дров, топят печь дровами из архива духовной консистории, он ночью тайно вывез документы, чем спас их от верной гибели. Лояльность властей по отношению к Тугаринову объяснялась его высоким авторитетом в городе. В любой политической ситуации и при любой власти Аркадий Яковлевич прежде всего служил интересам дела. Когда возникли трения между музеем и Географическим обществом, общественность взяла под защиту Тугаринова. Член правления КрОРГО Д.Е.Лаппо произнес меткую фразу, выразившую мне-

ние красноярцев: «Григорьевых много, а Тугаринов у нас один».

В 1925 г. красноярцы отметили двадцатилетие трудовой деятельности Тугаринова на Енисее. Он был принят в почетные члены КрОРГО. Памятником ученому на сибирской земле стало новое здание музея, построенное в виде египетского храма по проекту архитектора Л.А.Чернышева на берегу Енисея.

В 1926 г. Аркадий Яковлевич по приглашению академика П.П.Сушкина перешел на работу в Ленинградский зоологический институт АН СССР. Знакомство и научные контакты с Сушкиным сыграли большую роль в становлении Тугаринова как ученого-орнитолога. Они познакомились в 1909 г. в Москве на съезде естествоиспытателей. Долгие годы состояли в переписке, обмениваясь мнениями по интересующим их вопросам и научными результатами.

В Ленинграде Тугаринов продолжил начатые в Сибири зоогеографические, фаунистические, орнитологические и палеорнитологические изыскания, акцентируя внимание на изучении миграций птиц и закономерностей их расселения. Он написал несколько научных статей о птицах Якутии и Монголии. Его труды по истории формирования арктической фауны, опубликованные в 1929—1934 гг., вызвали огромный интерес отечественных и зарубежных ученых.

В 1937 г. в работе «Сезонное размещение и миграции уток», написанной Тугариновым в соавторстве с В.Н.Вучетичем по материалам Центрального бюро кольцевания птиц, было обнаружено существование особых популяций у таких широко распространенных представителей пластинчатоклювых, как кряква и шилохвость, морфологически не отличимых, но имеющих разные регионы гнездования и зимовок. В монографии «Миграции птиц на территории СССР» Аркадий Яковлевич подтвердил



На охоте.

факт формирования современных пролетных путей палеарктических птиц после окончания четвертичного оледенения. К сожалению, он так и не успел закончить исследование, посвященное происхождению миграций птиц Палеарктики. Отдельные разделы незавершенной монографии были изданы уже после его смерти.

Палеорнитологические исследования, выполненные Тугариновым в 1930—1940-е годы на основе коллекций краеведческих музеев разных регионов страны, позволили охарактеризовать климат и ландшафт данных территорий в палеогене и неогене. По останкам птиц, обнаруженных в крымских пещерах, была описана орнитофауна побережий Крыма в эпоху Вюрмского оледенения.

Перу ученого принадлежат также большие монографии по пластинчатоклювым, веслоногим, аистообразным и фламинго, написанные в 1940-е годы. Всего Тугариновым было опубликовано

ликовано более 80 работ, имеющих большое научное значение. В 1934 г. по совокупности научных трудов без защиты диссертации Аркадию Яковлевичу была присуждена степень доктора биологических наук, а спустя пять лет — профессорское звание.

Помимо научной деятельности в Зоологическом институте Академии наук Тугаринов занимался и административной работой. В 1930 г. он был ответственным руководителем зоологической группы в Школе препараторского ученичества при Академии наук, в 1932-м — Ученым секретарем Зоологического музея, а также часто исполнял обязанности директора института.

По воспоминаниям В.И.Тугариновой, жены ученого, и его коллег Аркадий Яковлевич обладал мягким характером, был сдержанным, отзывчивым и до-

брожелательным. Как руководитель проявлял снисходительность.

Природу он любил до самозабвения. Как и всякий натуралист, только среди природы Аркадий Яковлевич чувствовал себя вполне счастливым. Во время экспедиций не знал усталости, был бодр и весел. В 64 года с легкостью влезал на деревья, чтобы осмотреть птичьи гнезда, совершал экскурсии в 15—20 км на высотах более 3 тыс. м.

Своими руками Тугаринов мог выполнять любые работы — таксидермические, столярные, художественные. Ему ничего не стоило во время экспедиции смастерить ящик для коллекций, сплести нехитрую рыболовную снасть, артистически починить развалившуюся обувь. В Таджикистане, где в годы войны находился в эвакуации Зоологический институт, для детального

ознакомления с жизнью фазинов Тугаринов пользовался переносным шалашом — «скрадом», сплетенным им собственноручно из стеблей гигантского злака эриантуса.

Научные заслуги ученого были высоко оценены правительством. В 1954 г. Тугаринов был награжден Орденом Трудового Красного Знамени, кроме того, за участие в работах по спасению коллекций Зоологического института в дни блокады Ленинграда — медалью «За оборону Ленинграда», за исследование орнитофауны Таджикистана — Почетной грамотой Верховного Совета Таджикской республики.

Скончался Аркадий Яковлевич в возрасте 68 лет в Ленинграде. Похоронен там же.

Большую помощь в подборке материала оказали Саратовский и Красноярский краеведческие музеи. ■

ПРИРОДА

Над номером работали

Ответственный секретарь
Е.А.КУДРЯШОВА

Научные редакторы
О.О.АСТАХОВА
Л.П.БЕЛЯНОВА
Е.Е.БУШУЕВА
М.Ю.ЗУБРЕВА
Г.В.КОРОТКЕВИЧ
К.Л.СОРОКИНА
Н.В.УЛЬЯНОВА
Н.В.УСПЕНСКАЯ
О.И.ШУТОВА

Литературный редактор
С.В.ЧУДОВ

Художественный редактор
Т.К.ТАКТАШОВА

Заведующая редакцией
И.Ф.АЛЕКСАНДРОВА

Младший редактор
Г.С.ДОРОХОВА

Перевод:
П.А.ХОМЯКОВ

Набор:
Е.Е.ЖУКОВА

Корректоры:
В.А.ЕРМОЛАЕВА
Е.А.ПИМЕНОВА

Графика, верстка:
Д.А.БРАГИН

Свидетельство о регистрации
№1202 от 13.12.90

Учредитель:
Российская академия наук,
президиум
Адрес издателя: 117997,
Москва, Профсоюзная, 90

Адрес редакции: 119991,
Москва, ГСП-1, Мароновский пер., 26
Тел.: 238-24-56, 238-25-77
Факс: (095) 238-26-33
E-mail: priroda@naukaran.ru

Подписано в печать 30.06.2004
Формат 60×88 1/8
Бумага типографская №1,
офсетная печать, усл. печ. л. 10,32,
усл. кр.-отт. 67,8 тыс., уч.-изд. л. 12,2
Заказ 8517
Набрано и сверстано в редакции

Отпечатано в ППП типографии «Наука»
Академиздатцентра «Наука» РАН,
121099, Москва, Шубинский пер., 6